- Televisión Digital en Estudio. La señal SDI.
- Compresión de Video y Audio MPEG-2.
- Múltiplex y Sistema de Transporte.
- Estándares ATSC, DVB-T e ISDB-T.
- Compresión de Audio Dolby AC-3.

Handbook

Televisión Digital Avanzada



TODA LA TELEVISION DIGITAL EN UN SOLO LIBRO

Ingº José Simonetta

1100011001001010101010110011O

handbook

Televisión Digital Avanzada

Ing° José Simonetta

Editado por:
Intertel
H. Yrigoyen 1427 - 7B
TE: (5411) 4381 7906
(C1089AAA) - Buenos Aires
Argentina

Hecho el depósito que marca la ley 11.724.

621.388 Simonetta, José
SIM Televisión Digital Avanzada.- 1° ed. Buenos Aires
Intertel 2002.
640 p.: 23,5x18,5 cm

ISBN 950-99561-2-0

I. Título- 1. Televisión Digital.

Diseño y diagramación de tapa e interior: Pino

Dedicado a:

Liliana, mi esposa

Mariana, mi hija

Alfredo, mi hermano

Alfetito y Napoleón que son parte de la familia.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a las siguientes Organizaciones y Empresas:

ATSC (Advanced Television Systems Committee). USA.

DVB (Digital Video Broadcast). Ginebra. Suiza.

DIBEG. (Digital Broadcasting Experts Group). Japón.

ITU (International Telecommunication Union). Ginebra. Suiza.

Snell & Wilcox Ltd. Inglaterra y USA.

Tandberg Televisión, DMV. USA

Tektronix Inc. USA.

Harris Corporation. USA.

Belden Inc. USA.

Zenith Electronics Corp. USA.

Agradecimientos especiales

Un especial agradecimiento a las siguientes personas, que han brindado su colaboración, para que pueda encarar esta obra.

Robert Graves y Mark Richer. ATSC (Advanced Television Systems Committee). USA.

Peter McAvock y Anthony Smith. DVB (Digital Video Broadcast). Ginebra. Suiza.

Takashi Asakura. DIBEG. (Digital Broadcasting Experts Group). Japón.

A. Guillot. ITU (International Telecommunication Union). Ginebra. Suiza.

Paul Marquez, Carlos Moncada y Lisa Culliford. Snell & Wilcox Ltd. Inglaterra y USA.

Lisa Hobbs. Tandberg Televisión, DMV. USA

Steve Holmes y Jayne Scheckla. Tektronix Inc. USA.

David Sparano y Albert Mezquida. Harris Corporation. USA.

Frank Stone. Belden Inc. USA.

Wayne Luplow. Zenith Electronics Corp. USA.

Otros agradecimientos

Un especial agradecimiento a los Ingenieros y amigos Alejandro Pasika, Juan Carlos Savoia y Cayetano Grossi, por las correcciones de los manuscritos.

Asimismo, otro especial agradecimiento a mi amigo Francisco Carrá, por el material que me ha aportado para el Resumen final y la corrección de los manuscritos.

INDICE GENERAL

APENDICES

PROLOGO

El Ing° José Simonetta, colega con vasta experiencia en el ámbito de la Televisión Argentina, dedicado docente y autor, ha encarado con entusiasmo esta obra, hoy en sus manos.

Recordamos el 1° Simposio Internacional de Televisión Digital realizado en Buenos Aires, allá por Noviembre de 1997 donde, gracias a su organización, estuvieron presentes los máximos exponentes a nivel mundial, de esta nueva tecnología.

Hoy, a pesar de la crisis, ha encarado este nuevo proyecto, después de dictar los numerosos cursos y seminarios de Televisión Digital Avanzada, tan preclaros y enriquecedores para todos aquellos que hacemos de esta profesión un fanatismo.

A Simonetta, entonces, nuestra gratitud, por las horas insumidas en la elaboración de esta obra y el agradecimiento sincero de todos aquellos que compartimos su vocación.

Que Dios bendiga su labor y el futuro, con esperanza, le sea promisorio.

Ing° Cayetano Grossi
Copitec N° 1658
Canal 7 - Argentina

INTRODUCCION A LA TELEVISION DIGITAL

En el año 1982 el CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications), desarrolló el estándar CCIR-601 (actualmente ITU-R.BT.601). Este, ha sido el primer estándar internacional de Televisión Digital para Estudio.

El ITU-R.BT.601, prevee la digitalización de la señal de video analógica por componentes, con una resolución de cuantificación de 8 y 10 bits por muestra de resolución y una arquitectura de muestreo 4:2:2. Recordemos que, para esta estructura, la frecuencia de muestreo del canal de luminancia es de 13,5 MHz y la frecuencia de muestreo para cada una de las señales diferencia de color (Cb y Cr), es de 6,75 MHz..

Posteriormente, se desarrollaron más estándares que han complementado y ampliado a este.

En la actualidad, cuando se digitaliza una señal de video por componentes, esta se cuantifica con una resolución de 10 bits. Se mantiene la arquitectura de muestreo de 4:2:2 para Estudio y 4:2:0 para señales utilizadas en compresión. Aunque también se emplean hoy día, señales en 4:2:2, para compresión.

La Televisión Digital en Estudio ha permitido el desarrollo de equipos full digitales. Hubiese sido imposible desarrollar estos dispositivos con tecnología analógica.

En todo este tiempo, la tecnología digital ha ido avanzando hasta llegar a tener Sistemas de Televisión y Productoras, completamente digitales.

Hoy día, es muy común proyectar y equipar una planta en SDI con 100% de equipos digitales, como ser Routings, Mixers de Video, Matrices de video, Generadores de Caracteres, Generadores de Efectos,Cámaras y desde no hace mucho tiempo, una amplia gama de Videograbadoras digitales.

También en audio, se dispone de todo tipo de equipamiento, para efectuar el diseño de una planta completamente digital.

Estudios que operan con señales de video en Digital Serie (SDI), logran la más alta calidad de imagen. A su vez el audio digital AES/EBU, nos permite tener también, una excelente calidad de sonido.

Sin embargo, a pesar de tener estudios digitalizados en su totalidad, estas señales debían ser convertidas a analógicas antes de ser transmitidas.

Resulta imposible transmitir una señal digital, ya sea de SDTV o de HDTV, en el espectro actual que ocupa una señal de televisión analógica de 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda.

Para poder transmitir estas señales digitales, en ese espectro, había que sortear dos problemas básicos; por un lado reducir la velocidad del flujo de datos o sea comprimir esa señal, a fin de poder alojarla en el ancho de banda que ocupa actualmente un programa de televisión analógico. A su vez, permitir transportar en el mismo ancho de banda que ocupa ese canal actual, varios programas de Televisión Digital Estándar ó transportar un programa de HDTV.

En el caso de la Televisión de Alta Definición digital (HDTV), la velocidad del flujo de datos que es de 1,48 Gbps, se reduce a una relación de aproximadamente 70:1, a fin de poder transportar ese tren de datos en un canal de 6 MHz.

Si se trata de Televisión Digital Estándar (SDTV), la velocidad del tren de datos de un programa, se reduce de 270 Mbps a una relación de compresión de 13,5:1. Esto nos posibilita tranportar esta única señal comprimida en un espectro de 6 MHz de ancho de banda.

La reducción de la velocidad de datos en video, se logra mediante la compresión MPEG-2. Esta fue desarrollada y puesta en práctica a mediados de 1993.

El segundo problema que se presentaba y se debía resolver, era el poder modular el tren de datos MPEG-2, en forma digital o cuasi digital, a fin de poder transmitirlo.

Una vez que la compresión MPEG-2 comenzó a ser viable, se desarrollaron los estándares de Televisión Digital referidos a transmisión, basados en el sistema de compresión y multiplexado MPEG-2.

Es así que en Europa, se desarrolla el Estándar DVB (Digital Video Broadcast). Este prevée entre las múltiples aplicaciones, el estándar para Televisión Digital Terrestre (DVB-T). Para esta aplicación, se emplea el esquema de Modulación COFDM de múltiples portadoras. El estándar de Televisión Digital para Sistemas de Cable (DVB-C), utiliza modulación QAM de portadora única en sus distintas variantes, 64-QAM y 256-QAM.

En EE.UU., el ATSC (Advanced Television System Committee), en conjunto con la Gran Alianza, desarrollan el estándar ATSC para Televisión Digital Terrestre , que emplea la modulación 8-VSB .

Para Sistemas Digitales de Cable, este estándar utiliza la modulación 16-VSB.

Los estándares DVB-T y ATSC, adoptaron la compresión de video y el multiplexado de las señales MPEG-2.

Posteriormente, nace en Japón un nuevo estándar de Televisión Digital Terrestre, denominado ISDB-T.

Este estándar, toma también como base al MPEG-2 para la compresión de video, pero fundamentalmente se basa en la modulación COFDM del estándar DVB-T. Sin embargo, el ISDB-T tiene diferencias significativas con respecto al europeo DVB-T.

Mientras que la Televisión Digital en el Estudio, ha adoptado el formato SDI/270 Mbps en 4:2:2, en Transmisión Digital, el panorama es diferente.

Este es el escenario que tenemos hoy día en el mundo, en lo que a Televisión Digital Terrestre se refiere.

Los estándares para DTT (Digital Terrestrial Televisión) , en la actualidad son:

DVB-T. (DVB (Digital Video Broadcast), desarrollado en Europa.
ATSC. (Advanced Television Systems Committee), desarrollado en USA.
ISDB-T. (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting), desarrollado en Japón.

Nuevamente y desde el inicio, no ha habido una unificación de criterios en el mundo, para el desarrollo de un único estándar de Televisión Digital en transmisión. Esto, nos recuerda un poco la similitud de la no unificación de criterios, cuando se desarrollaron los sistemas de Televisión Analógica NTSC, PAL y SECAM

La Televisión Digital en Transmisión, es sin duda uno de los acontecimientos más importantes en materia tecnológica del nuevo milenio.Esta representa el cambio más importante, experimentado después del paso de blanco y negro a color. Quizás, este cambio es aún más importante.

Podríamos definir a la Televisión Digital ,como la revolución electrónica en imágenes y sonido.

La Televisión Digital en transmisión trae aparejada múltiples ventajas:

- *La Televisión Digital Terrestre provee una mejor recepción, ya sea en bandas de UHF y VHF. El usuario recibe una alta calidad de imagen y sonido, ya que el video digital, es una señal libre de ruido. Respecto del audio, permite recibir hasta seis canales digitales con sonido surraund.*
- *Posibilita transmitir múltiples programas de SDTV, por el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico actual. O en su defecto, permite emitir un programa de HDTV, en ese mismo espectro.*
- *Los servicios Multimedia que se pueden desarrollar son innumerables, así como los servicios de interactividad.*
- *También es posible utilizar Redes de Frecuencia Unica, o sea emplear repetidoras que transmiten y reciben en la misma frecuencia.*

- La Recepción portable y móvil, sin duda será una ventaja en muchas aplicaciones..

La Televisión Digital en Transmisión, ha sido posible gracias a la compresión y el posterior multiplexado de todos los programas.

De esta manera, tenemos un Flujo de Transporte conformado por paquetes MPEG-2, que son los que finalmente se modulan en un estándar determinado, para luego ser transmitidos.

La Televisión Digital en Transmisión, ha sido posible mediante la compresión MPEG-2. Esta ha beneficiado también a la Televisión Satelital. En efecto, desde 1994, mediante la compresión de video y utilizando la modulación QPSK de portadora única, se ha podido enviar múltiples programas digitales, por un mismo Trasponder. El 99% de la Televisión Satelital hoy día es digital y el estándar utilizado en su gran mayoría es el DVB-S.

El sistema de compresión ha posibilitado en el Estudio, el desarrollo de Sistemas no Lineales para múltiples aplicaciones; Camcorders de menor peso y tamaño, Gabadoras digitales con compresión moderada y de alta calidad y un sinnúmero de nuevos equipos..

La Televisión Digital en el hogar, le permitirá al usuario interactuar con datos multimedia, Internet, audio, video, telefonía y mucho más.

En transmisión, la Televisión Digital Terrestre y por Cable es una realidad en Estados Unidos. Europa, ya está en esa vía.

Mientras que en EE.UU. se le da predominancia a la Televisión de Alta Definición (HDTV), en Europa la tendencia es emitir múltiples programas de Televisión Digital Estándar (SDTV), con una Relación de Aspecto de 16:9, en el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico actual.

La Televisión de Alta Definición, junto a los demás servicios que brinda la Televisión Digital, trae aparejado un nuevo concepto de mercado. En E.E.UU., se están comercializando los nuevos Receptores y Decoders para HDTV.

En Europa, se ha implementado el Estándar DVB-T (Digital Video Broadcast). En este sentido, los países de ese continente, no piensan por ahora implementar la Televisión de Alta Definición (HDTV).

Por múltiples razones y aunque el estándar DVB-T prevee la implementación de la Televisión de Alta Definición, Europa no piensa adoptarlo por el momento. El primer motivo, es que ellos tienen saturado el espectro y la única solución es emitir múltiples programas de SDTV.

El segundo motivo, se refiere al elevado costo del Decoder en la actualidad.

El tercer motivo, son los mayores costos en los equipos de Estudio, los cuales debe absorverlos el Broadcaster.

Otras de las razones por las cual Europa no implementará por el momento HDTV, es la poca producción de programas en ese formato.

Si piensan adoptarlo más adelante, cuando la tecnología MPEG-2 permita abaratar costos, especialmente en los Setop-boxes y haya mayor interés en la producción de programas en HDTV.

Estas son solo algunas de las razones que se exponen en Europa, para no adoptar en la actualidad la Televisión de Alta Definición. Todo esto, no quita que haya un cambio de idea respecto de este tema, en cualquier momento.

De esa manera en Europa, tienen la ventaja de transmitir más programas en el mismo espectro, además de mejorar la calidad de imagen y sonido y de ofrecer plataformas multimedias interactivas.

Sin embargo, el estándar DVB-T adoptado en Australia, ha sido implementado utilizando HDTV y el audio en Dolby AC-3. Recordemos que, este país tiene un ancho de banda del canal de transmisión de 7 MHz.

En E.E.U.U., donde no tienen necesidad de implementar mayor número de canales en el espectro, adoptaron dentro del estándar ATSC, la emisión de un programa de HDTV en 6 MHz de ancho de banda.

También, pueden transmitir, como lo hacen algunas emisoras, varios programas de Televisión Digital Estándar (SDTV), durante una parte del día y programación de HDTV, durante la noche por ejemplo.

En Japón, se ha desarrollado el estándar ISDB-T, que a pesar de ser similar al DVB-T, tiene otras ventajas.

La Televisión Digital, en cualquiera de los estándares adoptados, brindará a los Broadcasters de los Sistemas de VHS, UHF y Cable, una nueva concepción de negocios. A su vez, los usuarios serán los que se beneficiarán con esta nueva tecnología.

El fin de este libro, es el de proveer los conocimientos básicos de esta nueva televisión. Pocos conocen lo que realmente representan estos cambios, para la propia actividad en sentido práctico y la forma de aprovecharlos.

Es más, a la hora de tomar decisiones o efectuar inversiones, es de vital importancia conocer a fondo los efectos de este cambio. Para los Ingenieros y Técnicos, es estar preparados para el futuro en el corto plazo.

La única manera de beneficiarse con los cambios, es conociendo las alternativas.

Ingº José Simonetta

A MANERA DE PROLOGO

Este libro, es el resultado de la labor docente, que he desarrollado en los últimos cinco años. Una parte de esa tarea, han sido los múltiples Seminarios y Cursos de Televisión Digital Avanzada, que he dictado a lo largo de ese tiempo. Han asistido a los mismos, Técnicos e Ingenieros de las más importantes Empresas de Argentina y países limítrofes.

Dos son las premisas que me inspiraron a escribir este libro. En primer lugar, complementar el material gráfico que había preparado para los Seminarios y en segunda instancia, reunir en un solo texto una información clara y ordenada, sobre los aspectos y procesos más importantes de la Televisión Digital Avanzada.

Esta obra es ideal, para aquellas personas que quieran iniciarse en esta nueva y fascinante tecnología. También, resultará de gran ayuda para todos aquellos que, teniendo buenos conocimientos de Televisión Analógica, quieren profundizar los fundamentos de esta nueva materia. También ,resultará de mucho interés y utilidad, para todos aquellos que conocen el tema y quieren efectuar un repaso o simplemente fijar nuevos y más actualizados conceptos.

En cualquiera de los casos, este tratado es ideal para utilizarlo como libro de aprendizaje o de consulta.

Se ha tratado de brindar al lector, una fácil comprensión de los temas expuestos. Por ello, se han utilizado la mayor cantidad de figuras y gráficos posibles.

Se tratan en esta obra, los fundamentos básicos de la Televisión Digital en Estudio y en Transmisión.

El libro se divide en diecisiete Capítulos, siete Apéndices, un Resumen y un Diccionario de términos en inglés

En el Capítulo 1 se efectúa un repaso de los aspectos más importantes de la Televisión Analógica.

El Capítulo 2 trata sobre la Digitalización de la Señal de Video. Se parte de la señal por Componentes Analógicos y se expone todo el proceso de la digitalización de esas señales.

En el Capítulo 3 se estudian las principales características y parámetros del tren de bits paralelo y de bits serie (SDI).

El Capítulo 4 trata sobre "El porque de la compresión". Aquí se desarrollan los fundamentos por lo cual se hace necesaria la compresión de video, ya sea en Televisión Digital Estándar o en HDTV.

Los Capítulos 5 y 6 tratan sobre los fundamentos y procesos de la Compresión de Video MPEG-2

En el Capítulo 7 se analiza La Televisión de Alta Definición, desde los aspectos fundamentales en su concepción analógica, hasta la digitalización de esa señal.

En el Capítulo 8 se analiza el estándar MPEG-2. Aquí se detallan y estudian las características principales de este Estándar, los distintos Perfiles y Niveles, así como también las características de las distintas capas de audio.

El Capítulo 9 trata sobre el Múltiplex y Flujo de Transporte MPEG-2. Aquí se estudia la formación de los paquetes PES de video y audio.

También, en este Capítulo, se analizan los Flujos de Programa y de Transporte. Se muestra además, el proceso del multiplexado de las distintas señales y la estructura del paquete MPE-2.

El Capítulo 10 trata sobre la relación de aspecto en televisión. Aquí se exponen las relaciones de pantalla de 4:3 y 16:9. Se analizan también, las conversiones de 4:3 a 16:9 y viceversa, sus ventajas: y desventajas.

El Capítulo 11 trata sobre el estándar ATSC. Aquí, se estudian las características principales del estándar y los formatos de video más utilizados. Se explica además, la Modulación 8-VSB empleada para la Transmisión Digital Terrestre.

El Capítulo 12 trata sobre el estándar DVB-T. Se analizan las características principales de este estándar, los formatos utilizados y la modulación COFDM, empleada en la Transmisión Digital Terrestre.

En el Capítulo 13 se explica el Estándar ISDB-T de Japón, que es el último desarrollado para Televisión Digital Terrestre. Se destaca la transmisión segmentada, que la hace diferente al estándar DVB-T, los distintos modos de operación y la transmisión de banda angosta para audio y datos. Se analiza además, la transmisión en Modo Jerárquico y los parámetros de transmisión para un canal de 6 MHz de ancho de banda.

El Capítulo 14 trata sobre la señal de Audio Digital. Aquí se efectúa una introducción a la digitalización de la señal y el análisis de la señal PCM y la señal AES/EBU.

En el Capítulo 15 se analiza la los sistemas de Compresión de Audio MPEG-2 y Dolby AC-3.

El capítulo 16 trata sobre los sistemas de Televisión Digital. Se parte de la idea básica de la Televisión Digital en Estudio, en sus diferentes formas. También ,se trata la compresión y el múltiplexado de varios programas de SDTV.

En el Capítulo 17 se analizan las distintas infraestructuras utilizadas durante la transición en USA, ya sea aprovechando parte del sistema analógico o digital existente, para implementar el nuevo sistema de HDTV.

Los siete Apéndices que siguen, tratan de profundizar los principales temas expuestos en esta obra.

En el Apéndice A se analiza el espectro de un canal de 6, 7 y 8 MHz de ancho de banda.

En el Apéndice B se exponen las relaciones entre los formatos analógicos y digitales.

El Apéndice C muestra las diferencias entre los estándares de compresión de video MPEG-1 Y MPE-2.

En el Apéndice D se analiza el fundamento de la Estimación de Movimiento, por el método de Correlación de Fase.

El Apéndice E trata sobre el concepto básico del sistema de modulación COFDM, empleado en el estándar DVB-T.

El Apéndice F trata los parámetros característicos y velocidades binarias para el estándar DVB-T, en 6 MHz de ancho de banda.

Por último, en el Apéndice G se analizan las modulaciones QPSK, 16-QAM y 64-QAM.

A continuación, se expone un Resumen, donde se representan los diagramas de bloque de los principales procesos de la Televisión Digital, analizados a lo largo de esta obra.

Al final del libro, se ha incluído un Diccionario de términos en inglés sobre Televisión Digital, el cual le será muy útil al lector como material de consulta contínua.

Espero que esta obra, sea de utilidad para todas aquellas personas que de una u otra manera, se relacionan con la Televisión, en sus distintas formas. También, para todos aquellos que están relacionados con otras ramas de las Telecomunicaciones y tienen un especial interés en la Televisión Digital.

Ingº José Simonetta

Capítulo 1

Televisión Analógica

1

TELEVISION ANALOGICA

1.1 Introducción.

El primer sistema de televisión color que se implementó en el mundo, fue el NTSC (National Television Standard Committee). Este fue desarrollado en EE.UU. en 1950, mientras que las emisiones regulares comenzaron en ese país en 1954. Posteriormente, este sistema fué adoptado por Japón, Canadá y gran parte de los países de América.

En 1961 se desarrolló en Alemania el sistema PAL (Phase Alternate Line). Este sistema venía a corregir los errores de fase producidos por el NTSC. El sistema PAL fue adoptado en Alemania e Inglaterra en 1967. Posteriormente, lo fueron adoptando la mayoría de los países de Europa Occidental.

El tercer sistema es el SECAM (Sequentiel Couleur a Memoire). Este fue desarrollado en Francia y adoptado por este país y los países de Europa Oriental.

Los tres sistemas (PAL, NTSC y SECAM) tienen parámetros en común, que son los mismos que habían sido adoptados desde sus inicios en la televisión en blanco y negro o sea; barrido entrelazado y una relación de aspecto de 4:3.

El barrido entrelazado, como se verá luego, consiste en barrer cada cuadro dos veces.

En el estándar 625/50, en un cuadro se barren 625 líneas horizontales. Como se exploran dos campos por cuadro, en cada campo se barren 312 ½ líneas. La exploración se realiza a razón de 25 cuadros (50 campos) por segundo, lo que representa:

625 líneas/cuadro x 25 cuadros/Seg. = 15.625 Hz, que es la frecuencia de barrido horizontal.

En el estándar 525/60, se exploran 525 líneas horizontales por cuadro. Cada cuadro es barrido dos veces, a razón de dos campos por cuadro.

De esta manera, se exploran 30 cuadros (60 campos) por segundo.

En este caso tenemos:

525 líneas/cuadro x 30 cuadros/Seg.= 15.750 Hz, que es la frecuencia de barrido horizontal.

Con el barrido entrelazado, en el primer campo se exploran las líneas impares y en el segundo campo las líneas pares. La media línea al final del primer campo y la media línea al comienzo del segundo campo, produce el entrelazado.

El segundo tipo de barrido se denomina progresivo. En este caso, se barre en forma consecutiva toda la imagen. En la Figura 1.1 se representan ambos tipos de barrido para el estándar 625/50. En la parte a) de la Figura, se muestra el barrido entrelazado y en la parte b) de la misma, el barrido progresivo.

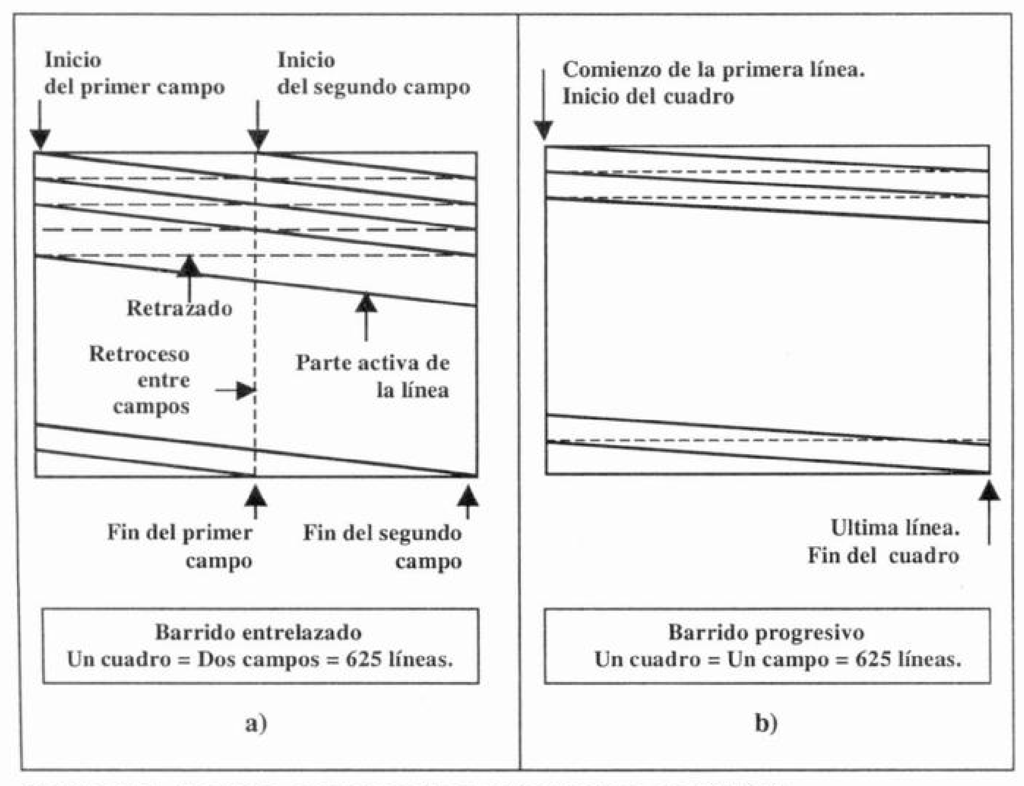


Figura 1.1. Barrido entrelazado y progresivo en 625/50.

El umbral de parpadeo del ojo es de aproximadamente 40 imágenes por segundo. En cine se emplean 24 cuadros por segundo, pero cada cuadro se obtura dos veces. De esta manera se elimina el parpadeo.

Para no aumentar el ancho de banda del espectro, el efecto o truco de barrer dos campos por cuadro (barrido entrelazado), ha sido una solución desde el inicio de la televisión.

Aunque el barrido entrelazado trae aparejados algunos problemas (leve falta de definición en los bordes de las imágenes en movimiento) sin embargo, ha sido una solución ideal.

Con el barrido progresivo la resolución aumenta y además se elimina este problema. Pero el ancho de banda se incrementa al doble.

En el estándar 625/50 con barrido entrelazado (2:1), de las 625 líneas que se exploran, 575 corresponden a las líneas activas y las 50 líneas restantes, se pierden en el retrazado.

En la Figura 1.1 a) el campo 1 comienza con la línea 336 y finaliza en la línea 623 ½. El segundo campo comienza en la línea 23 ½ y finaliza en la línea 310. El resto de las líneas en ambos campos, corresponde al intervalo de blanking vertical.

En el estándar 525/60 con barrido entrelazado (2:1), se exploran 525 líneas por cuadro. Las líneas activas son en este caso 485, perdiéndose el resto de las líneas en el retrazado.

Con el advenimiento de la Televisión Digital, se ha cambiado el concepto del barrido en televisión. Es así que algunos formatos, como se verá más adelante, contemplan barrido progresivo.

Referente a la relación de aspecto, recordemos que es la relación entre la base y la altura de la imagen. Desde el origen de la televisión siempre se ha utilizado la tradicional relación de 4:3 o sea 4 de base por 3 de altura, midiéndose el tamaño de la pantalla en pulgadas de la diagonal. Sin embargo, el concepto de relación de aspecto, cambió desde que apareció la Televisión de Alta Definición analógica. Mucho tiempo después de implementarse la televisión color, aparece la Televisión de Alta Definición (HDTV). Fue la NHK (Nippon Hoso Kiokai) o Televisión Pública Japonesa, la que comenzó con los estudios para desarrollar un nuevo sistema de más alta calidad en el año 1968. Este nuevo sistema sería incompatible con los tres sistemas de televisión analógicos vigentes (PAL, NTSC y SECAM).

En 1970 la NHK en Japón, ya presentaba un nuevo sistema de Alta Definición analógica, cuyas características principales eran; 1.125 líneas con barrido entrelazado , una relación de aspecto de 5:3* y un ancho de banda del canal de luminancia de 30 MHz.

* En un principio, se había adoptado esta relación, que implicaba una relación de la imagen de 5 de base y 3 de altura.

Posteriormente, se adoptó para HDTV la relación de aspecto de 16:9, siendo esta un valor cuadrático de la relación 4:3.

Esta nueva relación, fue propuesta por el SMPTE (Society of Motion Picture and Television engineers), en el año 1.984.

1.2 La señal de video compuesta.

La señal de video compuesta en televisión color, está formada por la señal de luminancia más la señal de croma.

La señal de luminancia, representa el brillo de la imagen y es la que mayor ancho de banda posee, mientras que la señal de croma lleva implícita la fase y la saturación del color. Esta señal tiene un ancho de banda pequeño.

La señal de luminancia (Y) está formada por un 30% de componente de rojo (R), un 59% de componente de verde (G) y un 11% de componente de azul (B) o sea:

$$Y = 0{,}30\ R + 0{,}59\ G + 0{,}11\ B$$

Esta señal está compuesta por el brillo relativo de los tres colores primarios RGB.

En la Figura 1.2 se muestra la forma de onda típica de la señal de luminancia y los parámetros característicos de la misma.

La amplitud de esta señal, desde el tip de sincronismo hasta el máximo pico de blanco, está normalizada en 1 Volt pico a pico.

El nivel de pedestal o negro es la separación entre el pulso de sincronismo y la señal de video.

El intervalo de blanking, comprende el pulso de sincronismo horizontal, el pórtico anterior y el posterior.

Entre dos frentes de pulsos de sincronismo tenemos la duración total de una línea. Esta comprende la parte activa de la misma más el tiempo de retrazado.

En NTSC-M, la duración total de la línea (línea activa más el retrazado), es de 63,55 microSeg., mientras que en PAL-B, PAL-N y SECAM la duración total de la línea es de 64 microSeg.

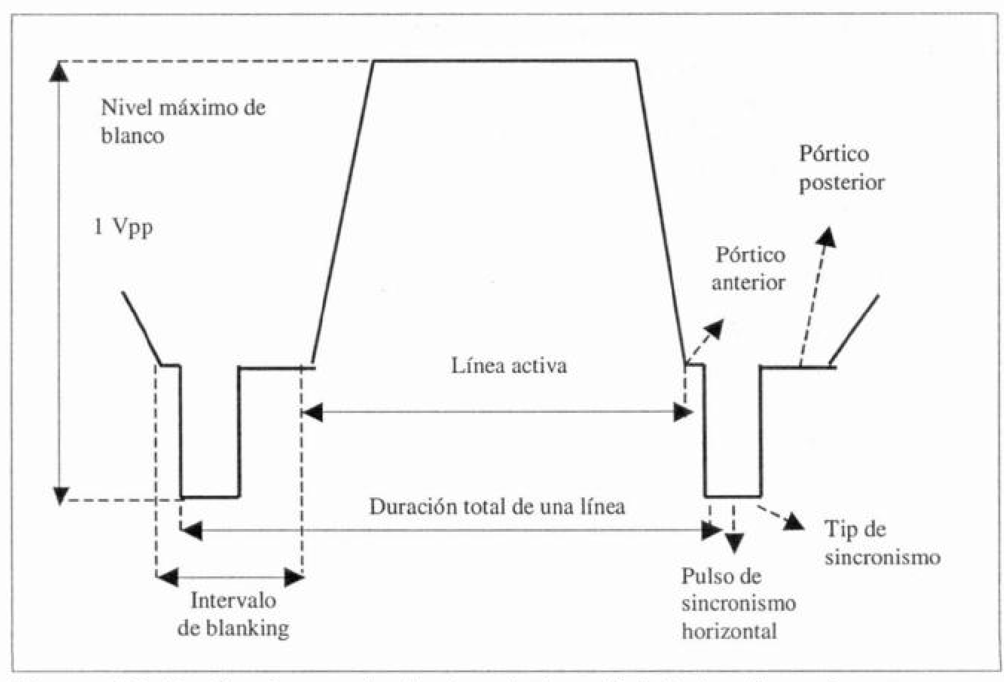


Figura 1.2. Parámetros principales de la señal de luminancia.

En la Tabla 1 se muestrean los niveles de amplitud de la señal de video de la Figura 1.2.

NIVELES DE AMPLITUD	NTSC-M /PAL M	PAL B/PAL N/SECAM
Video + sincronismo	140 IRE (1V pp)	1 Vpp
Negro	7,5 IRE (0 mV)	0 mV
Blanco de referencia. Máximo nivel.	100 IRE (714,28 mV)	700 mV
Tip de sincronismo	-40 IRE (-285,70) mV)	-300 mV

Tabla 1. Niveles de la señal de luminancia.

Para NTSC-M y PAL-M los niveles se miden en unidades IRE. Un Volt pico a pico corresponde a 140 unidades IRE.

El máximo nivel de blanco es de 714,28 mVpp que corresponde a 100 IRE. El negro se ubica en 0 mV que corresponde a 7,5 unidades IRE.

La amplitud del pulso de sincronismo es de -285,70 mV o sea - 40 unidades IRE.

Para PAL-B los niveles se miden directamente en mV. La amplitud de la señal, desde el tip de sincronismo hasta el máximo pico de blanco, esta normalizada en 1 Vpp.

El máximo nivel de blanco corresponde a 700 mVpp y la amplitud del pulso de sincronismo es de - 300 mVpp. El negro se ubica en 0 mV.

En la Figura 1.3 se representa la señal de croma de una imagen.

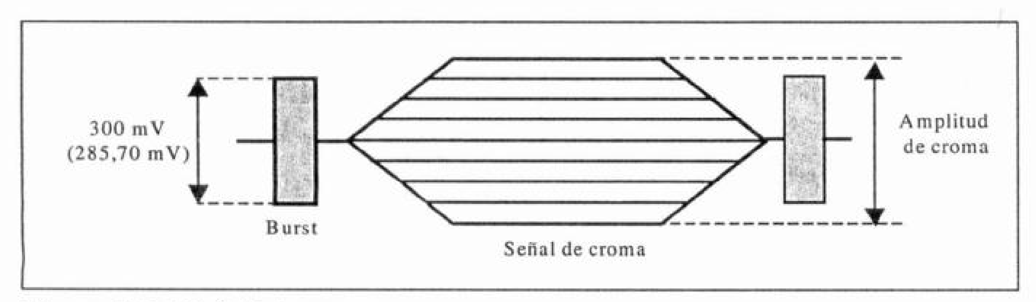


Figura 1.3. Señal de croma.

En esta señal se ubica una ráfaga de color (burst). Este está compuesto por un tren de 8 a 10 ciclos de la sub portadora de color y constituye la fase de referencia para la demodulación en el receptor.

En la señal de video compuesta el burst queda ubicado en el pórtico posterior, ver Figura 1.4.

La frecuencia de la sub portadora de color para NTSC-M es de 3,5795455 MHz. Para PAL-B, la frecuencia de la sub portadora de color es de 4,4336187512 MHz.

En cualquiera de los sistemas, la subportadora se transmite con la señal de video compuesta, a fin de que en el receptor se pueda reconstruir la subportadora con la fase y frecuencia adecuada.

El burst es utilizado en el receptor, para sincronizar un oscilador de 3,57 MHz o 4,43 MHz, según se trate de NTSC-M ó PAL-B.

En NTSC-M, la señal del burst está presente en todas las líneas, menos en las primeras nueve líneas de cada campo.

En PAL-B y PAL-N, en la secuencia de 8 campos, el burst está presente en todas las líneas, menos en las siguientes:

Campo 1 y 5.	No hay burst en las líneas:	1 a 6 y 310 a 312.
Campo 2 a 6.	"	313 a 318 y 622 a 625.
Campo 3 y 7.	"	1 a 5 y 311 a 312.
Campo 4 y 8.	"	313 a 319 y 623 a 625.

En el sistema PAL, la amplitud del burst es de - 300 mVpp, siendo este valor igual a la amplitud del pulso de sincronismo. En el sistema NTSC-M y PAL-M, este valor es de - 285,70 mVpp (- 40 IRE).

Analizaremos ahora, la conformación de la señal de croma.

En el estándar NTSC-M, esta señal está formada por la combinación de las señales I y Q, mientras que en PAL, esta señal está conformada por la combinación de las señales U y V.

Para NTSC-M, la señal de croma Cr está formada por:

$$Cr = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

La magnitud de esta señal representa la saturación del color.

La fase de croma está dada por:

$\varnothing = \text{arc tg } Q/I$

La señales I y Q, en función de las señales (B-Y) y (R-Y), son expresadas como:

$I = -0{,}27\,(B-Y) + 0{,}74\,(R-Y)$
$Q = 0{,}41\,(B-Y) + 0{,}48\,(R-Y)$

Las señales I y Q modulan en amplitud una subportadora de color de 3,57 MHz, para producir la señal de video compuesta de color.

Para PAL, la señal de croma Cr está formada por:

$$Cr = \sqrt{U^2 + V^2}$$

En este caso, la fase de croma está dada por:

$\varnothing = \text{arc tg } V/U$

Las señales U y V, en función de la señal (B-Y) y (R-Y), se expresan como:

$U = 0{,}493\,(B-Y)$
$V = 0{,}877\,(R-Y)$

Estas señales (U y V) modulan en amplitud una subportadora de color de 4,43 MHz, para producir la señal de video compuesta de color.

Esta señal, está representada en la Figura 1.4 y es la combinación de la señal de luminancia y la señal de croma.

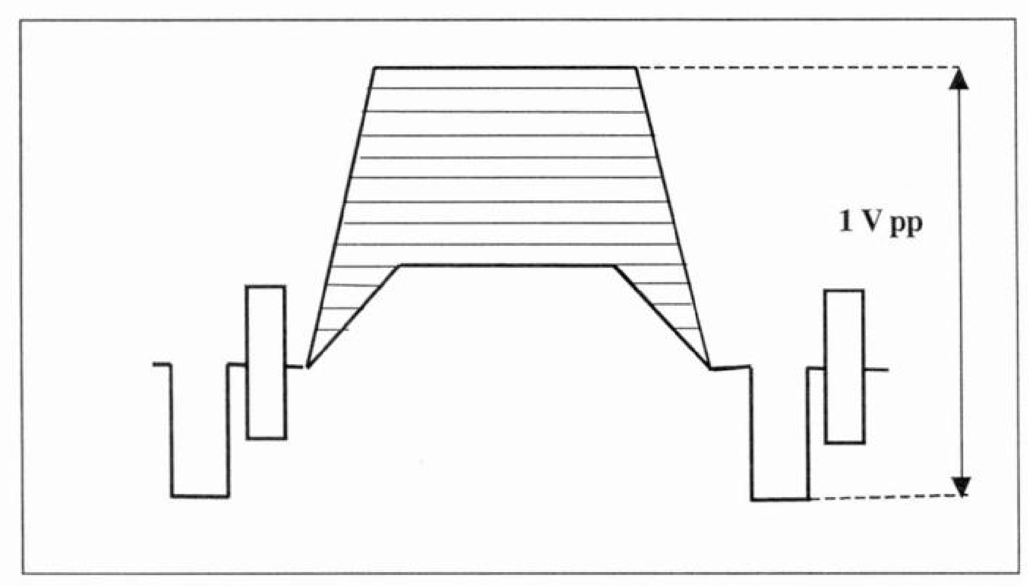


Figura 1.4. Señal de video compuesta de color.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros de barrido y sincronización de la señal de video.

PARAMETRO	NTSC-M /PAL M	PAL B/PAL N/SECAM
Cuadros / segundo	29,97	25
Campos / segundo	59,94	50
Número de líneas / cuadro	525	625
Frecuencia horizontal (Hz).	525x29,97=15.734,25	625x25=15.625
Duración total de una línea (microSeg)	63,55	64
Duración del pórtico anterior (microSeg)	1,5	1,5
Duración del pórtico posterior (microSeg)	4,5	5,8
Duración del pulso de sincronismo (microSeg)	4,7	4,7
Intervalo de blanking de línea (microSeg)	10,7	12

Tabla 2. Parámetros de barrido y sincronización de la señal de video.

En NTSC-M y PAL-M, la cantidad de cuadros barridos por segundo es de 29,97. Como se exploran dos campos por cuadro (barrido entrelazado), la cantidad de campos barridos por segundo es de 59,94.

Por simplicidad, cuando nos referimos a la cantidad de cuadros/ segundo, se redondea ese valor en 30. De la misma manera, la cantidad de campos/segundo se redondea en 60.

1.3 La señal de barras de color.

La señal de test más utilizada en televisión, es la señal de barras de color.

Esta señal es generada en forma electrónica y consiste en una secuencia de ocho barras. Tres de ellas representan a los colores primarios (rojo, verde y azul), tres a los colores complementarios (amarillo, ciano y magenta), una barra blanca y una negra.

La secuencia de las barras de color es la siguiente:

blanco - amarillo - ciano - verde - magenta - rojo, azul y negro

En la Figura 1.5 se representa la forma de onda típica de la señal de barras de color.

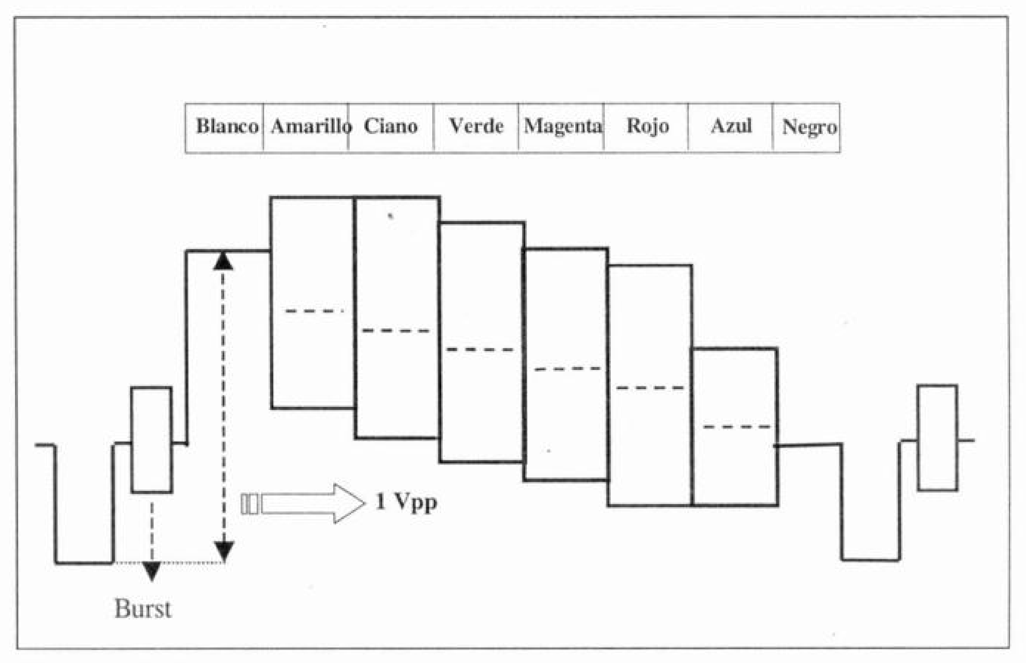


Figura 1.5. Señal de barras de color.

La primer barra (blanca), define la amplitud de la señal de luminancia que es de 1Vpp, medida desde el tip de sincronismo hasta el máximo pico de blanco. En este caso, la señal de barras tiene una saturación del 100% y una amplitud del 100%.

Las líneas de puntos corresponden a la escalera de luminancia decreciente. Sobre cada escalón de luminancia se monta la señal de croma correspondiente a cada barra.

La amplitud de cada barra de croma está indicada desde el valor medio, hacia arriba y hacia abajo.

Analizaremos ahora las barras de color en PAL-B y PAL-N, para una amplitud del 100% y una saturación del 100%.

En la Tabla 3 se muestran las amplitudes de luminancia y croma de cada barra, así como la fase de croma de cada una de ellas.

Barra de color	Escalón de luminancia (mV)	Amplitud de croma (mV)	Fase de la señal de croma (Grados)
Blanca	700	0	-
Amarilla	620,20	627,33	167°
Ciano	490,70	885,08	283°
Verde	410,90	826,79	241°
Magenta	289,10	826,79	61°
Roja	209,30	885,08	103°
Azul	79,80	627,33	347°
Negro	0	0	-

Tabla 3. Niveles de amplitud de luminancia y croma para cada barra de color. En la última columna se muestra la fase de croma para cada barra.

Las fases que se indican en esta Tabla son para la línea (n) solamente. Estas corresponden para una posición del vector U de 0° y V de 90º.

Para la línea (n+1) cuando el vector V se invierte en PAL de +90 º a –90º, las fases de croma también cambian.

El valor de cada una de las fases de croma para la línea n+1 (-V), resultan de restar 360º a cada una de las fases mostradas en la Tabla 3.

A manera de ejemplo, analizaremos las fases de cada barra cuando el vector rota de (+V) a (-V) o sea de 90° a 270°.

Para la barra amarilla, la fase de croma (línea n) es 167º.

Para la línea n+1, cuando el vector (+V) ha rotado a 270º (-V), la fase de croma de esa misma barra es; 360º - 167 = 193º.

Siguiendo el mismo análisis, las fases de las demás barras, para cuando el vector (+V) es invertido en líneas alternadas, se analizan a continuación:

Ciano:	360º - 283º = 77º
Verde:	360º - 241º = 119º
Magenta:	360º - 61º = 299°
Rojo:	360° -103º = 257°
Azul:	360º - 347º = 13º

En la Figura 1.6 se representan en un diagrama polar, las fases de cada una de las barras de color en PAL, para las líneas (n) y (n+1).

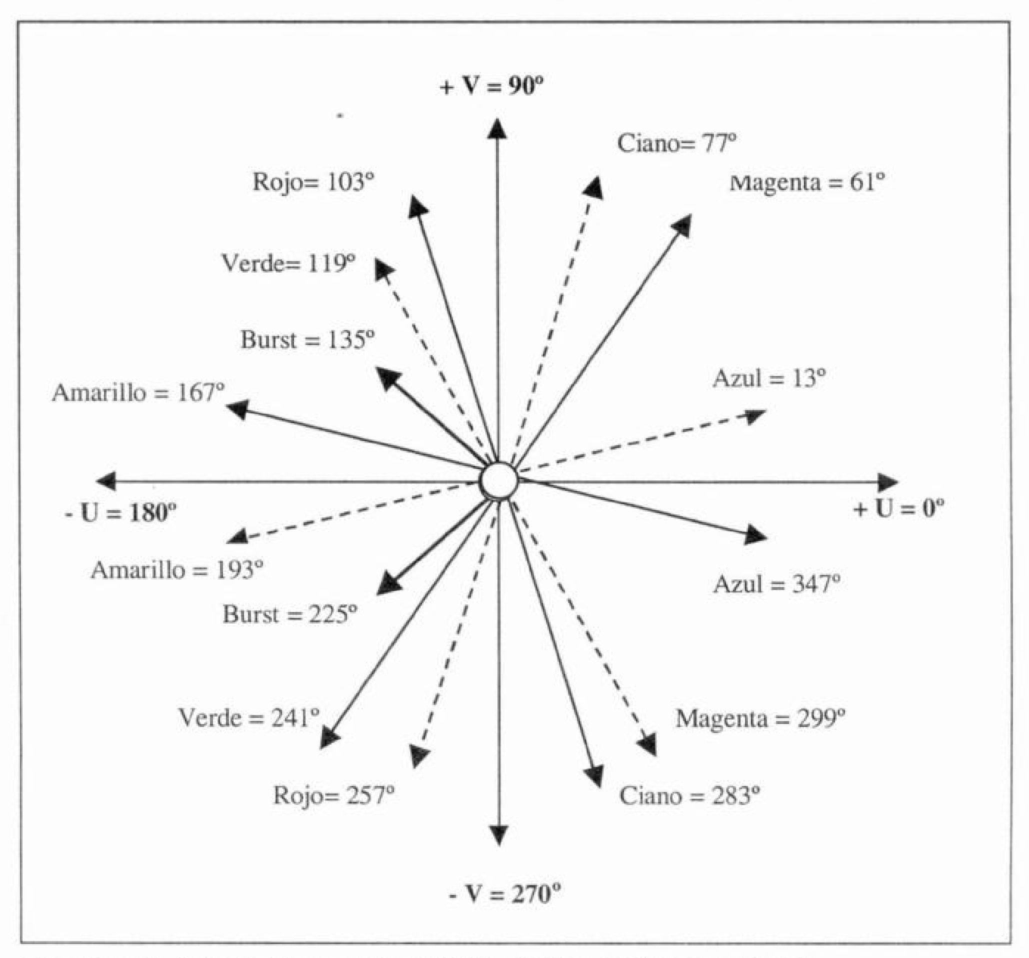


Figura 1.6. Diagrama polar en PAL de las barras de color.

Para la línea (n) cuando el vector V está en 90º, las fases de croma corresponden a los vectores con línea llena.

Nótese que el burst en PAL es de 135° para la línea (n). Cuando el vector +V se invierte en líneas alternadas de 90° a 270°, el burst cambia a -135° o lo que es lo mismo 225°.

Para NTSC, el diagrama polar es el representado en la Figura 1.7.

En este caso, el vector B-Y= 0° y el vector R-Y= 90°. En lugar de utilizar estos ejes de modulación se utilizan los ejes I y Q.

Una de las dos componentes de croma se encuentra sobre el eje Q, que está desplazado 33° respecto del eje B-Y = 0°.

La segunda componente de croma está sobre el eje I. Este se encuentra a 123° y está en cuadratura con el eje Q.

Nótese que en NTSC el burst está siempre en 180°.

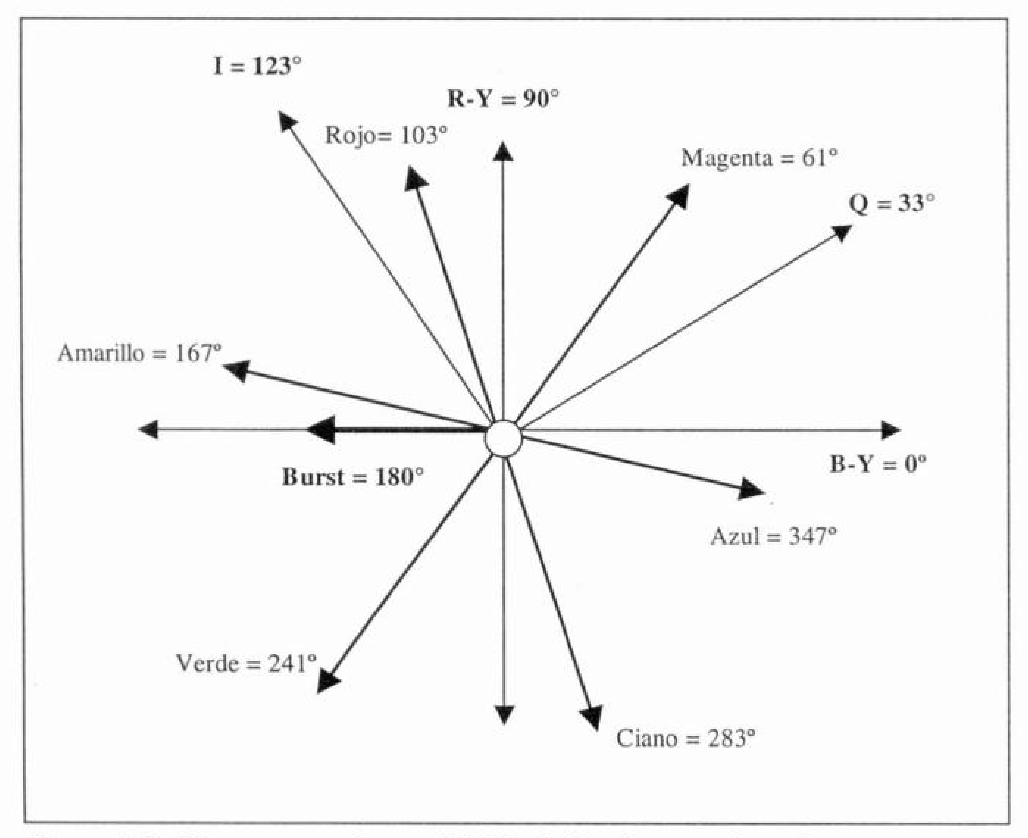


Figura 1.7. Diagrama polar en NTSC de las barras de color.

En la Tabla 4 se muestran la sincronización y la frecuencia de la subportadora de color, para los distintos estándares.

Parámetro	NTSC M	PAL B	PAL M	PAL N
Frecuencia de la subportadora				
de color (Fsc), en MHz.	3.5795455	4.43361875	3.5756118	3.58205625
Duración del burst, en microSeg.	2.51	2.25	2.52	2.51
Duración del burst, en ciclos.	9	10	9	9
Fase del burst, en grados.	180	+/- 135*	+/- 135*	+/- 135*
Amplitud del burst, en mVpp.	40 IRE/285.7	300	40 IRE/285.7	300

Tabla 4. Sincronización de color y sub portadora de color, para los distintos estándares.

* La fase del burst cambia en líneas alternadas de + 135° a - 135°.

1.4 Identificación de las barras de color.

A las barras de color se le asigna un código. Esto es a efectos de poder identificar el máximo y el mínimo nivel de R, G y B, así como también el mínimo nivel de negro y el máximo nivel de blanco.

En la Figura 1.8 se puede apreciar la nomenclatura de dichas barras.

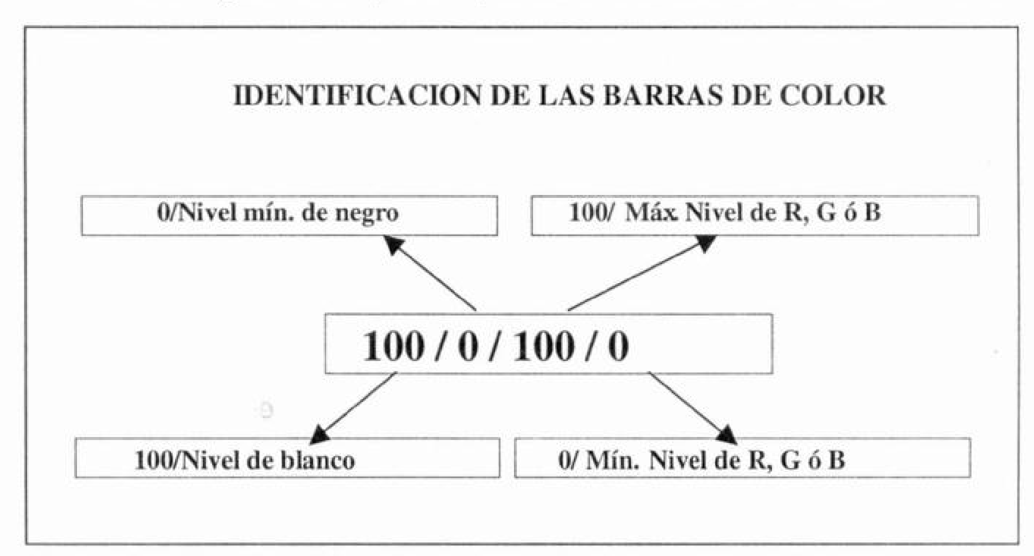


Figura 1.8. Codificación o identificación de las barras de color.

La identificación se representa con cuatro números. A manera de ejemplo se muestra una identificación de barras de 100/0/100/0.

El primer número indica el nivel de blanco de las barras. Para el ejemplo

de la Figura el nivel de blanco es 100. O sea estas barras tienen una amplitud de blanco o luminancia de 100%.

El segundo número corresponde al mínimo nivel de la señal durante la barra negra, que para nuestro caso es 0%.

El tercer número indica el máximo nivel de la barra R, G ó B en cuestión, que en este caso es del 100%.

El cuarto número indica el mínimo nivel de R, G ó B de las barras, siendo para este ejemplo de 0%.

Para estas barras, cuya identificación es de 100/0/100/0 en video compuesto PAL, le corresponden los niveles de luminancia y croma que hemos visto en la Tabla 3.

1.5. Colorimetría.

Mediante la colorimetría, podemos analizar la formación de los colores percibidos en forma matemática y gráfica.

En televisión color los colores se forman por mezcla aditiva. Para ello se parte de tres colores primarios que son; rojo, verde y azul.

Si proyectamos un haz de luz roja y un haz de luz verde en una pantalla, en la intersección de ambos haces tendremos formado un nuevo color, en este caso amarillo. De la misma forma, si proyectamos un haz de luz roja y uno azul, la intersección de ambos nos da un color magenta.

A su vez, proyectando un haz de luz azul y uno verde, la intersección de ambos haces en la pantalla, nos da un color ciano.

Los tres nuevos colores así obtenidos, amarillo, ciano y magenta, formados a partir de la proyección de a dos primarios, son denominados colores secundarios o complementarios.

A su vez, si proyectamos ahora en la pantalla tres haces de luz; rojo, verde y azul, la intersección de los tres colores nos da un blanco.

El mismo análisis lo podemos efectuar mediante el triángulo de Maxwell, ver Figura 1.9.

En efecto, en un triángulo equilátero tenemos representado en cada uno de los vértices, los colores primarios rojo, verde y azul (R, G y B).

En realidad, el vértice es el punto de máxima concentración de color, pero este se va desaturando a medida que nos alejamos del mismo hacia el centro del triángulo. Si unimos cada uno de los vértices con el centro del lado opuesto, tenemos las tres medianas del triángulo. De esta forma cada lado es dividido en dos por la mediana.

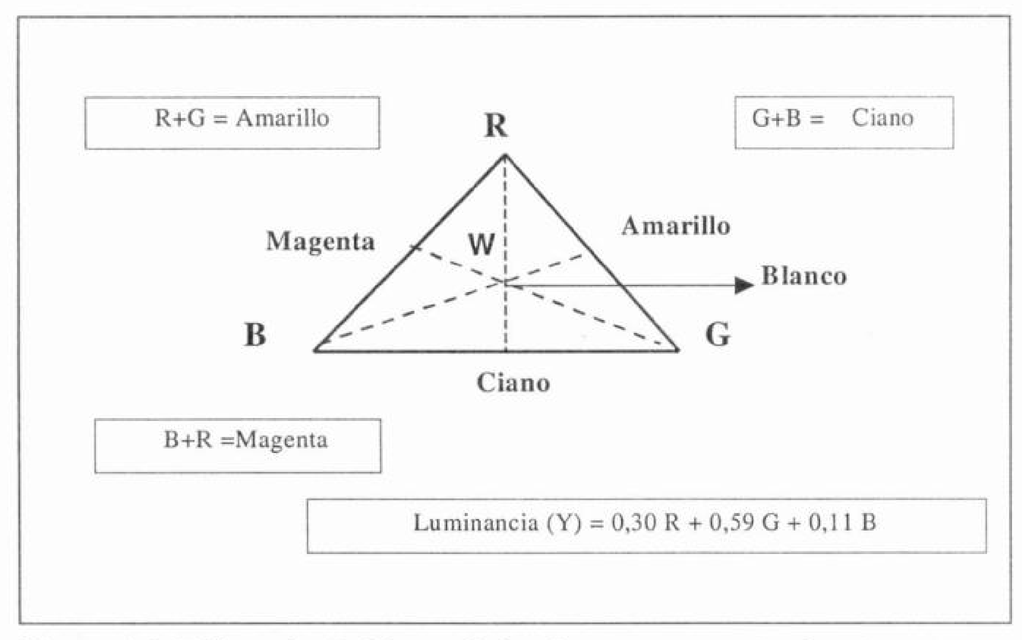


Figura 1.9. Triángulo de Maxwell donde se representan los tres colores primarios y los tres colores secundarios ó complementarios.

Ese punto medio del lado del triángulo, representa el máximo punto de saturación de un nuevo color, denominado complementario.

Por ejemplo, con la mezcla de luz roja y verde obtenemos el amarillo. Entre los vértices RG, tenemos formados los siguientes colores;

rojo -naranja - **amarillo** - amarillo/verde - **verde**

El centro de la mediana del triángulo corresponde al amarillo. Ambos vértices son el rojo y el verde.

Si analizamos las otras dos medianas del triángulo de la Figura 1.10, vemos que; rojo + azul = magenta.

En este caso, en la mediana tenemos los colores formados entre el rojo y el azul.

rojo - magenta rojizo - **magenta** - magenta azulado **- azul**

Para la mediana restante tenemos; azul + verde = ciano

Entonces, en la mediana tenemos; **azul - ciano - verde**

Nota: Los colores marcados en negrita corresponde al vértice, centro de la mediana y vértice.

La intersección de las tres medianas nos da el centro del triángulo. Ese punto representa el blanco o sea;

R+G+B = W   Rojo + Verde + Azul = Blanco

La señal de luminancia (Y) está compuesta por R, G y B en las siguientes proporciones;

$$Y = 0{,}30\ R + 0{,}59\ G + 0{,}11\ B$$

1.6. Forma de onda de la señal RGB.

Analizaremos a continuación, la formación de la señal RGB para las barras de color. Estas se componen de tensiones que tienen dos estados, alto y bajo.

Para una mejor comprensión, veremos cada una de las señales por separado. Estas corresponden al estándar 625/50.

1.6.1 Forma de onda del canal rojo (R).

En la Figura 1.10 se ilustra la señal correspondiente al canal rojo, de la señal de barras de color.

Veremos respecto de este color, cuales de las ocho barras tienen componente de rojo. En primer lugar la barra blanca contiene rojo, dado que el blanco es la suma de los tres colores primarios. Si analizamos la forma de onda, esta permanece en estado alto.

La segunda barra de color es la amarilla, que está compuesta por rojo más verde (R + G). Como esta barra de color contiene componente de rojo, la forma de onda sigue en estado alto.

A continuación y siguiendo la secuencia de las barras de color, tenemos la barra correspondiente al ciano y luego le sigue la barra de color verde. Estas dos barras no poseen componente de rojo, por ende la señal permanece en estado bajo durante el período que duran ambas.

A continuación tenemos la barra magenta. En efecto, esta barra de color está formada por componentes de rojo y azul. En este caso, la forma de onda se mantiene en estado alto.

Luego, le sigue la barra roja y aquí la forma de onda también se mantiene en estado alto.

Para la barra de color azul, la forma de onda toma un estado bajo, debido a que este color no contiene rojo y por último, para la barra negra la forma de onda de la señal se mantiene en estado bajo, pues esta barra tiene ausencia de color.

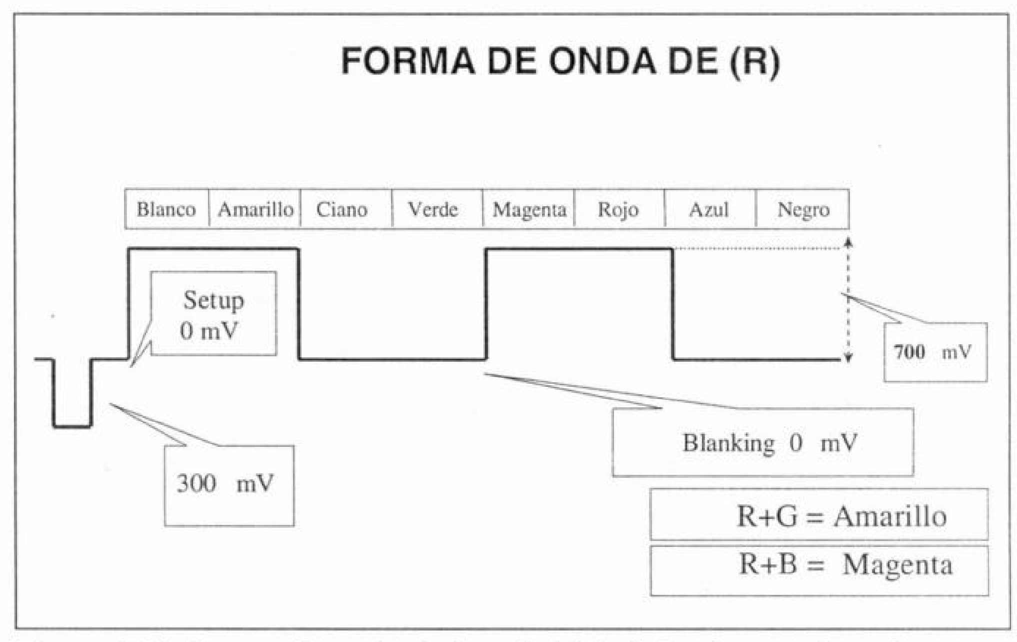


Figura 1.10. Forma de onda de la señal (R) de las barras de color.

1.6.2 Forma de onda del canal verde (G).

El mismo análisis se efectúa para el canal verde, ver Figura 1.11.

En las primeras cuatro barras que son; blanca, amarilla, ciano y verde la forma de onda de la señal se mantiene en un estado alto. Esto es debido a que cada una de ellas tiene componente de verde.

Para las barras magenta, rojo, azul y negro, la forma de onda de la señal se mantiene en un estado bajo, debido a que cada una de estas barras no tienen componente de verde.

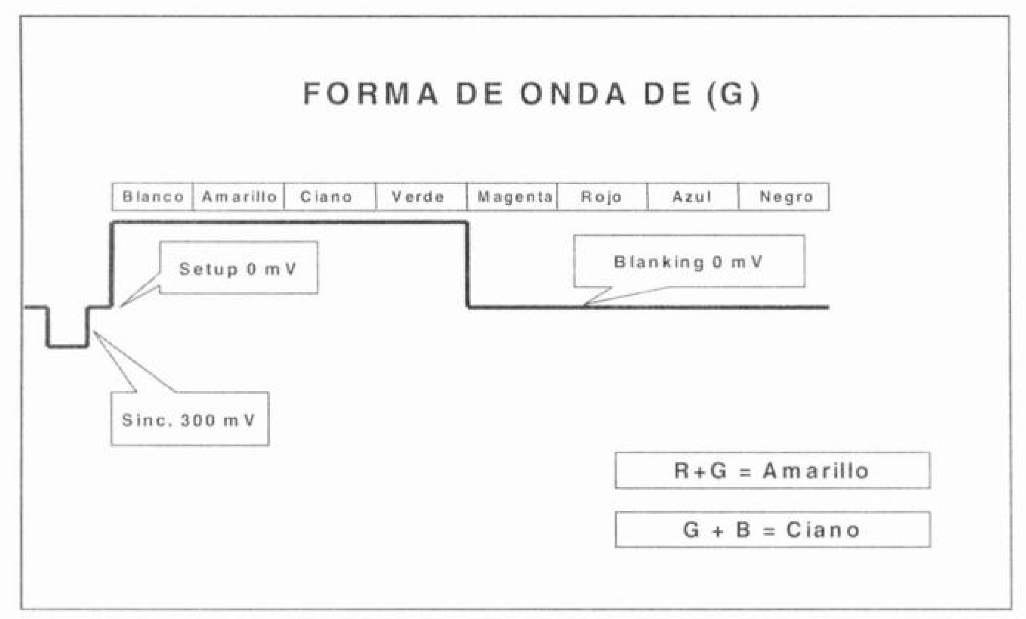


Figura 1.11. Forma de onda de la señal (G) de las barras de color.

1.6.3 Forma de onda del canal azul (B).

El mismo análisis lo efectuamos para el canal azul, ver Figura 1.12.

Durante el período de tiempo que dura la barra blanca, la forma de onda se mantiene en estado alto, debido a que el blanco contiene componente de azul. Mientras transcurre el período de tiempo que dura la barra amarilla, la señal se mantiene en estado bajo, debido a que este color no tiene componente de azul.

En la siguiente barra que es la del ciano, la forma de onda se mantiene en estado alto, debido a que este color posee componente de azul.

Siguiendo con el mismo análisis, durante la siguiente barra que es la verde, la forma de onda se mantiene en estado bajo, debido a que esta barra no tiene componente de azul. En la barra magenta, la forma de onda se mantiene en un estado alto, pues esta sí tiene componente de azul.

Durante el período que dura la barra roja, la forma de onda se mantiene en un estado bajo. Esto es debido a que esta barra no tiene componente de azul. Por último, mientras transcurre el período de la barra azul, la forma de onda de la señal se mantiene en estado alto, pues esta barra sí tiene componente de azul.

Luego, la señal cae a un estado bajo y se mantiene en ese estado durante el período que dura la barra negra.

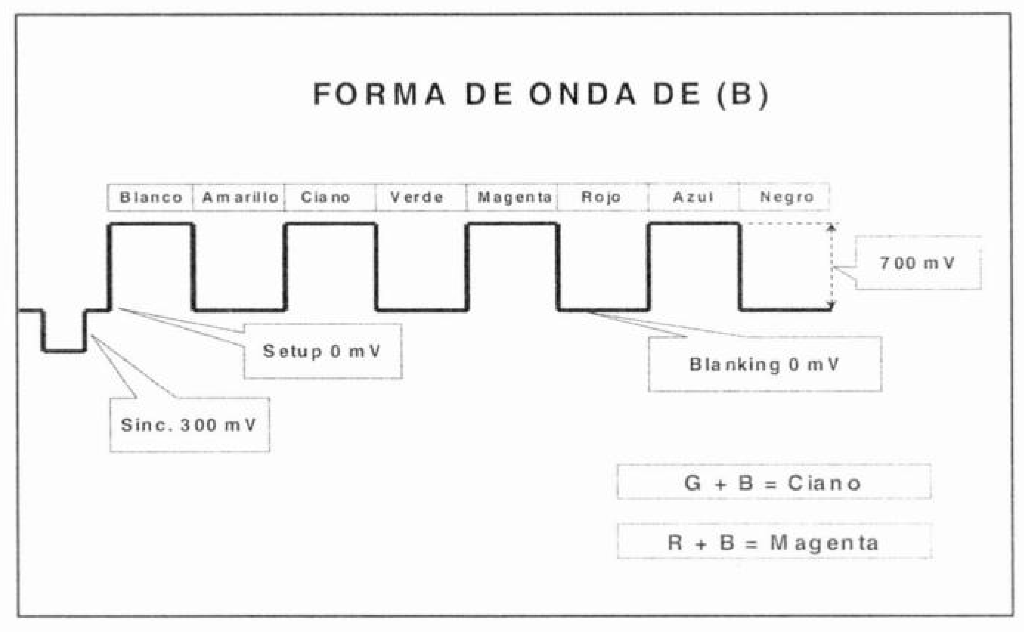


Figura 1.12. Forma de onda de la señal (B) de las barras de color.

En la Tabla 5 se muestran los distintos niveles de la señal de barras de color, para los estándares 625/50 y 525/60.

Parámetro	625/50	525/60
Amplitud de la barra R, G ó B.	700 mVpp	714 mVpp (100 IRE)
Pedestal	0 mVpp	53,55 mV
Blanking	0 mVpp	0 mV
Sincronismo	- 300 mVpp	- 286 mVpp

Tabla 5. Niveles de amplitud de la señal por componentes analógicos R, G y B.

1.7 Señal por componentes analógicos YPbPr.

La señal por componentes analógicos (YPbPr), está formada por la señal de luminancia (Y) y las señales diferencia de color Pb y Pr.

Las relaciones entre estas señales y las de diferencia de color (B-Y) y (R-Y) son:

$$Pr = 0,71327\ (R-Y)$$
$$Pb = 0,56433\ (B-Y)$$

En la Tabla 6 se muestran los valores de amplitud para la señal por componentes analógicos YPbPr, para 625/50 y 525/60.

Parámetro	625/50	Betacam - 525/60
Señal diferencia de color (Pb)	+/- 350 mVpp	+/- 467 mVpp
Señal diferencia de color (Pr)	+/- 350 mVpp	+/- 467 mVpp
Rango de cada señal (Pb y Pr)	700 mVpp	934 mVpp
Nivel de negro	0 mVpp	53,57 mVpp (7,5 IRE)
Luminancia (Y)	700 mVpp	714 mVpp (100 IRE)
Sincronismo (s)	300 mVpp	-286 mVpp (-40 IRE)
Luminancia más sincronismo (Ys)	1000 mVpp	1000 mVpp

Tabla 6. Valores de amplitud para la señal por componentes analógicos

En 525/60, los equipos Betacam de Sony han establecido un estándar en la industria.

La señal por componentes analógicos emplea dos tipos de conectores.

a) Tres conectores BNC separados para Ys, Pb y Pr.
b) Conector tipo Betacam de 12 pines.

En la Tabla 7 se muestran los niveles en componentes analógicos (YPrPb), para una señal de barras con una codificación 100/0/100/0.

Barra de color	Y (mV)	Pr (mV)	Pb (mV)
Blanca	700	0	0
Amarilla	620,20	56,92	-350,00
Ciano	490,70	-350,00	118,15
Verde	410,90	-293,08	-231,88
Magenta	289,10	293,08	231,88
Roja	209,30	350,00	-118,11
Azul	79,80	-56,92	350,00
Negro	0	0	0

Tabla 7. Niveles de los componentes analógicos, para las barras de color codificadas como 100/0/100/0.

1.8 Señal por componentes analógicos Y/C.

La señal por componentes analógicos (Y/C) está compuesta por la señal de luminancia y la señal de croma.

La señal de luminancia es una señal del tipo Ys donde;

Ys = Luminancia (Y) + Sincronismo (s)

En 625/50, la señal de luminancia (Y) tiene una amplitud de 700 mVpp y el pulso de sincronismo, tiene una amplitud de - 300 mVpp. Esto significa que la señal de luminancia (Ys) tiene una amplitud pico a pico de 1 Volt.

La señal de croma tiene exactamente la misma amplitud y fase que la señal de croma del video compuesto.

La señal de luminancia y la señal de croma que forman la señal por componentes analógicos Y/C, son medidas sobre una impedancia de 75 Ohms.

Se utilizan dos cables coaxiales para el transporte de esta señal. Uno para la señal de luminancia con sincronismo (Ys) y otro para la señal de croma (C).

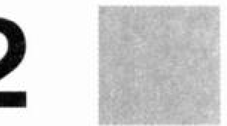
Existen diversos tipos de conectores utilizados para estas señales:

a) Conector DIN mini de cuatro pines.
b) Conector de siete pines.
c) Dos conectores BNC. Uno para la señal (Ys) y otro para (C).

Esta señal es utilizada en aplicaciones semi profesionales y se la denomina S-VHS.

Capítulo 2

Digitalización de la Señal de Video

DIGITALIZACION DE LA SEÑAL DE VIDEO

2.1 Introducción.

En el año 1982, el CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications), estableció la Recomendación CCIR-601 para la digitalización de las señales de video en el Estudio.

Posteriormente, el CCIR se convirtió en el IUT-R (International Union for Telecommunications) y esta Recomendación pasó a llamarse ITU-R.BT.601.

Esta norma, establece los parámetros para la digitalización de la señal de video, a partir de las señales por componentes analógicos (YPrPb), para los estándares 525/60 y 625/50 en los formatos 4:3 y 16:9.

Analizaremos en este capítulo, los distintos procesos a seguir para digitalizar la señal de video por componentes y la señal de video compuesta.

2.2 Conversión Analógica a Digital (A/D).

El proceso de digitalización de una señal consta básicamente de dos pasos:

a) Muestreo de la señal analógica.
b) Cuantificación de los valores muestreados.

Estos dos procesos se efectúan en el Conversor Analógico / Digital (A/D), ver Figura 2.1.

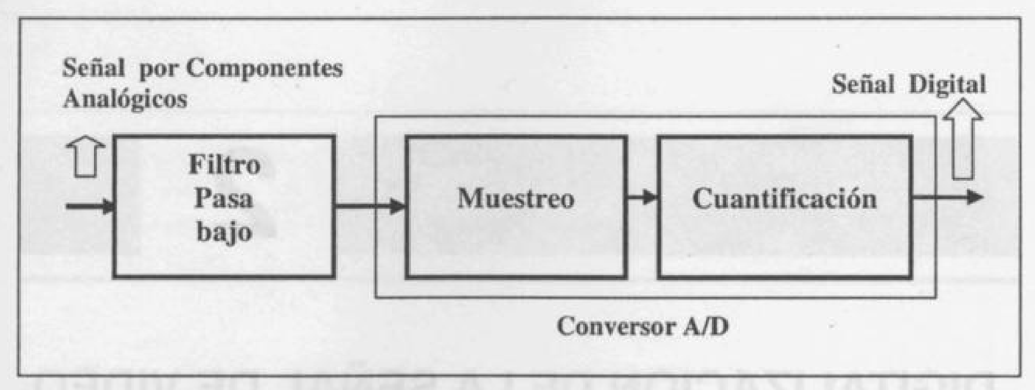


Figura 2.1. Conversor A/D.

La señal de entrada es limitada en banda por un Filtro Pasa Bajo. Este filtro también denominado anti aliasing, evita que se mezclen frecuencias de la señal de entrada con frecuencias de la banda de muestreo. De esta forma, evitamos que se formen efectos indeseables sobre la imagen.

El filtro limita la banda cuando las frecuencias de la señal a muestrear, superan la mitad de la banda de la frecuencia de muestreo.

Supongamos a manera de ejemplo que la frecuencia de muestreo es de 12 MHz. En este caso, el filtro cortaría las frecuencias por encima de 6 MHz. Actualmente, este filtro es incorporado dentro del Conversor A/D por algunos fabricantes.

Lo que se trata de evitar es el efecto aliasing y cumplir con el Teorema de muestreo de Nyquist.

Este Teorema expresa que para poder conservar prácticamente toda la información de una señal, la frecuencia de muestreo debe ser como mínimo el doble del ancho de banda de la señal a muestrear.

De acuerdo a este teorema, si la señal a muestrear es una señal de luminancia de 5,5 MHz de ancho de banda, para que no se produzca aliasing, la frecuencia de muestreo en este caso, debería tener como mínimo 11 MHz.

2.3 Muestreo de la señal analógica.

El proceso de muestreo consiste en tomar muestras de pixeles de la señal analógica. Estas se toman a una frecuencia determinada, llamada frecuencia de muestreo.

La señal a muestrear es modulada por un tren de pulsos de corta duración a intervalos regulares T.

Idealmente, la señal de muestreo es un Delta de Dirac repetido a intervalos T.

La frecuencia de muestreo viene dada por:

Fm = 1/T; donde T son los períodos o intervalos de muestra.

En la Figura 2.2 se representa el espectro ideal de una señal analógica.

Como primer paso hacia la digitalización, esta es la señal que se va a muestrear.

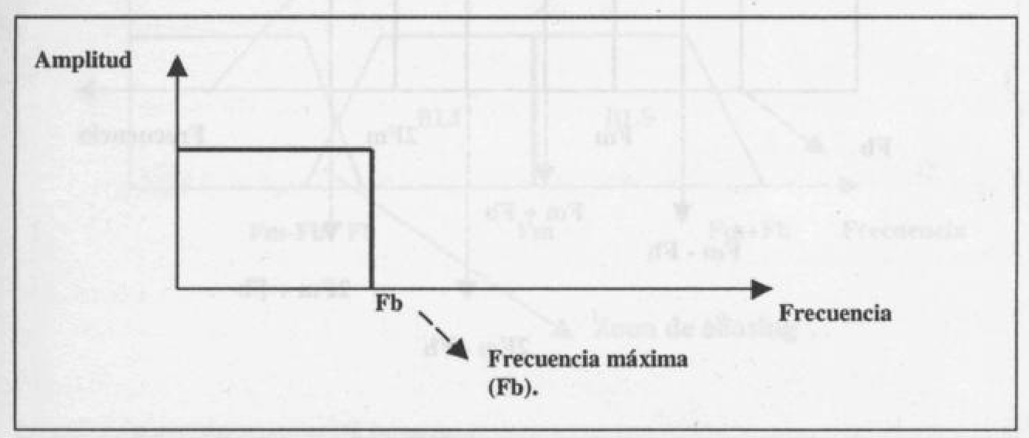


Figura 2.2. Espectro en banda base de la señal a muestrear.

El ancho de banda de esta señal tiene una frecuencia máxima Fb. La pendiente de caída abrupta de la Figura es para un filtro anti aliasing de espectro ideal.

Esta señal será muestreada por un tren de pulsos angostos, representados en la Figura 2.3. En esta se representa la frecuencia de muestreo fundamental Fm y la del doble de la fundamental 2Fm. Para cada pulso de muestreo, fundamental y sus armónicos, se generan dos bandas laterales. Para la fundamental, la banda lateral inferior es Fm – Fb y la banda lateral superior es Fm + Fb.

Para 2Fm las bandas laterales son 2Fm-fb y 2Fm+fb y así sucesivamente.

Para que no se mezclen las frecuencias del espectro de entrada, con el espectro de la banda lateral inferior de la frecuencia de muestreo, es necesario que se cumpla la siguiente condición;

Fm = ó > 2 Fb

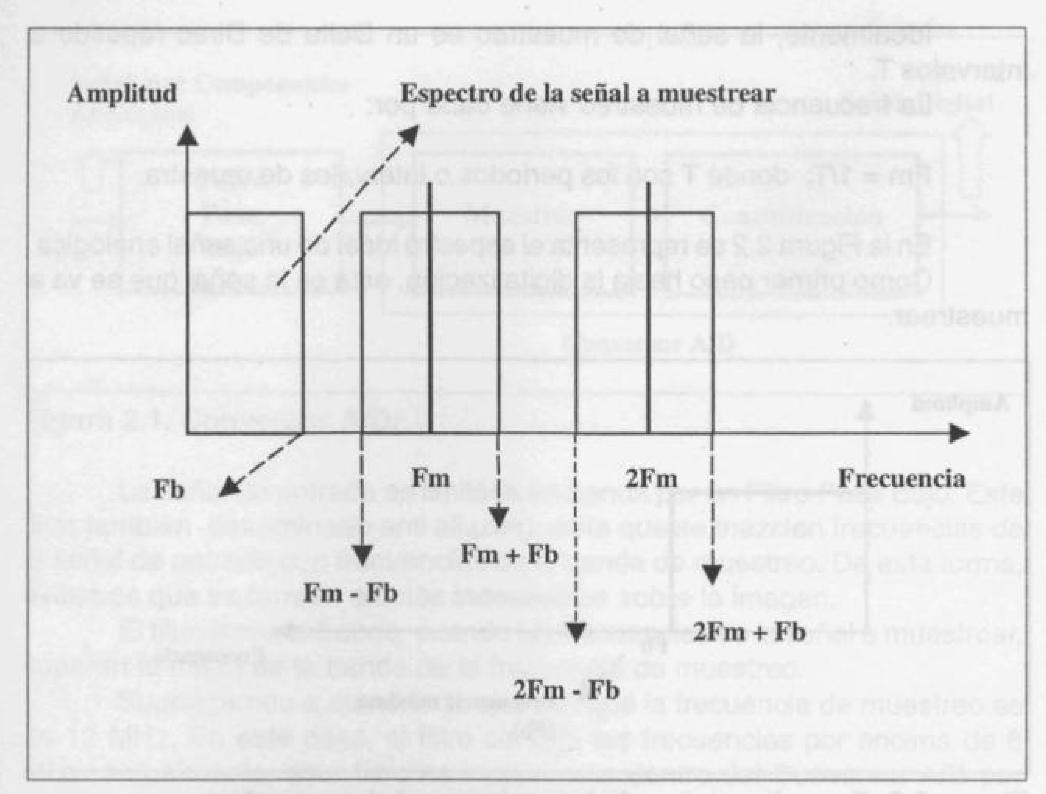


Figura 2.3. Espectro de los pulsos de muestreo.

Las señales utilizadas para ser muestreadas, son las denominadas de componentes analógicos (YPrPb), de la Recomendación ITU-R.BT.601.

La frecuencia de muestreo, a la cual se deben tomar las muestras de cada una de las componentes, tiene que cumplir dos condiciones básicas a saber; la primera de ellas es que debe ser múltiplo entero de la frecuencia de línea y la segunda es que debe cumplir con el teorema de muestreo de Nyquist.

Como hemos visto anteriormente, este teorema establece que la frecuencia de muestreo, debe ser por lo menos el doble del ancho de banda de la señal a muestrear. Si no se cumple esta premisa, se produce aliasing con los consecuentes efectos indeseables sobre la imagen.

En la Figura 2.4 se representa el espectro de la señal a muestrear y el espectro de la frecuencia de muestreo.

En este ejemplo, debido a una baja frecuencia de muestreo o a un filtrado inapropiado en la señal a muestrear, se produce aliasing.

En esta Figura, observamos como la banda lateral inferior del espectro de muestreo (Fm-Fb), se superpone con la banda lateral superior de la

señal de entrada o señal a muestrear (Fb), produciéndose en este caso aliasing.

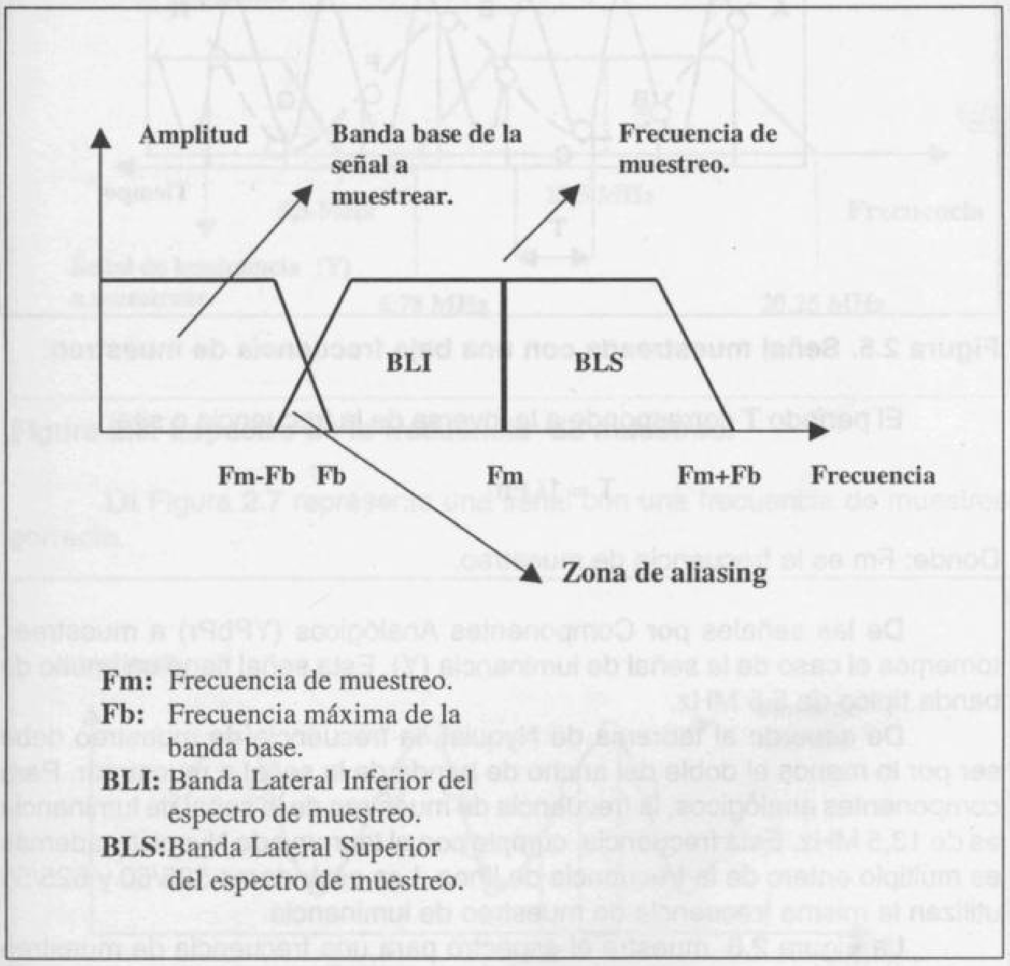


Figura 2.4. Aliasing causado por una baja frecuencia de muestreo.

En la Figura 2.5 vemos como una baja frecuencia de muestreo también produce aliasing, debido a que los puntos de muestra tomados en la señal son insuficientes. Estos puntos son A, B, C, D, E, F, G y H. Uniendo estos obtenemos la línea de puntos de la señal mostrada en la Figura. Esta nueva forma de onda envolvente (curva punteada), dista lejos de la original y esto nos indica que hemos tomado una baja frecuencia de muestreo.

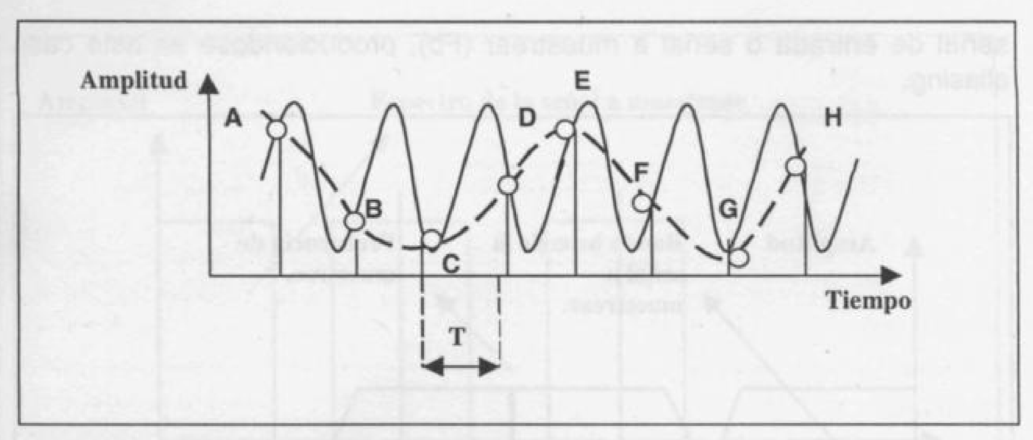


Figura 2.5. Señal muestreada con una baja frecuencia de muestreo.

El período T corresponde a la inversa de la frecuencia o sea:

$$T = 1/Fm$$

Donde: Fm es la frecuencia de muestreo.

De las señales por Componentes Analógicos (YPbPr) a muestrear, tomemos el caso de la señal de luminancia (Y). Esta señal tiene un ancho de banda típico de 5,5 MHz.

De acuerdo al teorema de Nyquist, la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos el doble del ancho de banda de la señal a muestrear. Para componentes analógicos, la frecuencia de muestreo de la señal de luminancia es de 13,5 MHz. Esta frecuencia cumple con el teorema de Nyquist y además es múltiplo entero de la frecuencia de línea. Los estándares 525/60 y 625/50 utilizan la misma frecuencia de muestreo de luminancia.

La Figura 2.6 muestra el espectro para una frecuencia de muestreo de luminancia de 13,5 MHz. En este caso no se produce aliasing. Esto es debido a que la banda lateral superior de la señal a muestrear no se superpone con la banda lateral inferior de la frecuencia de muestreo. Nótese el espaciamiento entre la pendiente de la señal a muestrear de 5,5 MHz y el tope de la banda lateral inferior del espectro de muestreo, que está ubicado en 6,75 MHz.

A manera de ejemplo, si la señal de luminancia (Y) a muestrear tuviera 8 MHz de ancho de banda, el filtro anti-aliasing antes del muestreo, debería limitar la banda de la señal de entrada en 5,5 ó 6 MHz como máximo.

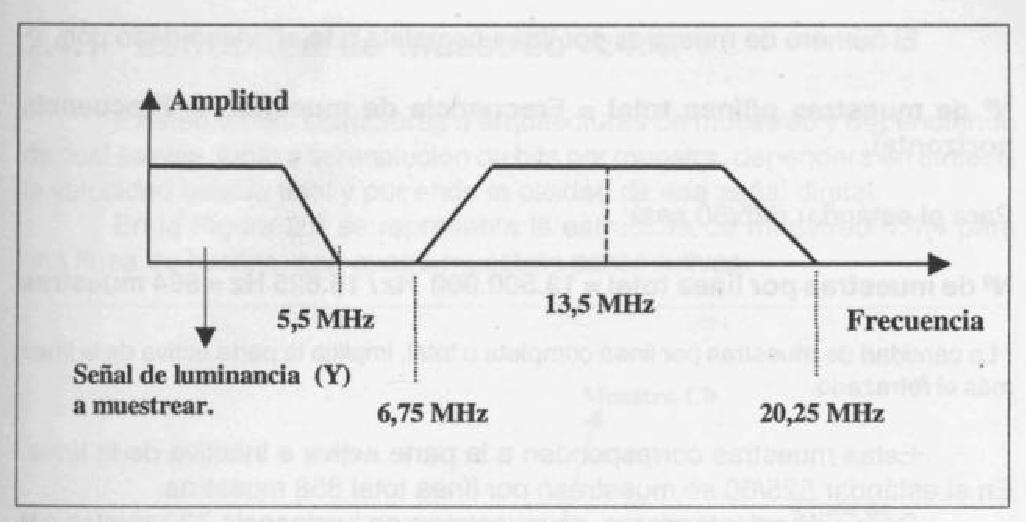


Figura 2.6. Espectro de la frecuencia de muestreo.

La Figura 2.7 representa una señal con una frecuencia de muestreo correcta.

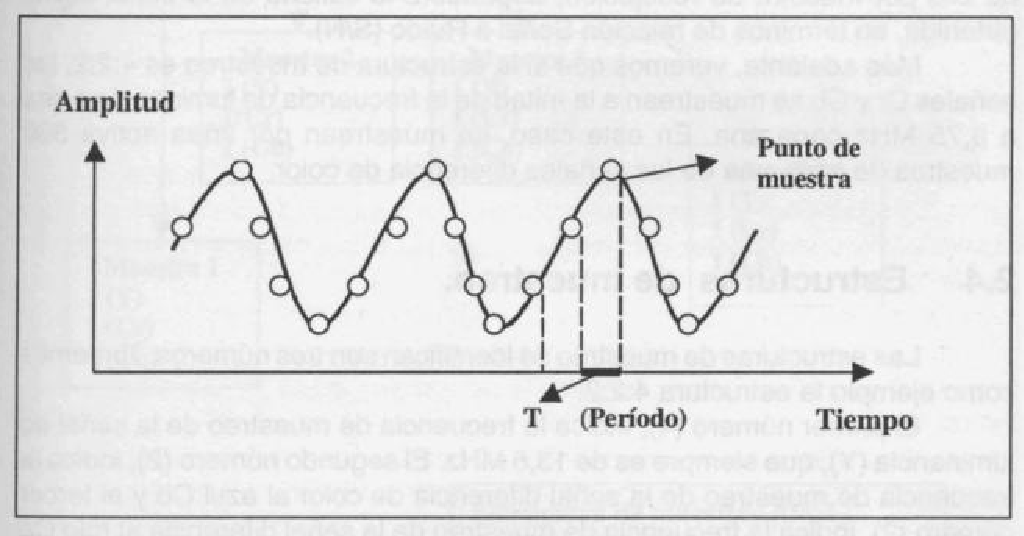


Figura 2.7. Señal muestreada a una frecuencia de muestreo correcta.

En este ejemplo, la envolvente de las muestras se mantiene igual a la forma de onda de la señal original. Este dibujo es meramente ilustrativo y representa una serie de muestras para su mejor interpretación.

La señal analógica es muestreada a intervalos regulares T.

El número de muestras por línea completa o total* viene dado por:

Nº de muestras p/línea total = Frecuencia de muestreo / Frecuencia horizontal.

Para el estándar 625/50 será;

Nº de muestras por línea total = 13.500.000 Hz / 15.625 Hz = 864 muestras

* La cantidad de muestras por linea completa o total, implica la parte activa de la línea más el retrazado.

Estas muestras corresponden a la parte activa e inactiva de la línea. En el estándar 525/60 se muestrean por línea total 858 muestras.

Para ambos estándares se muestrean en luminancia 720 pixeles por línea activa.

Las señales Cr y Cb son muestreadas a otras frecuencias, dependiendo de la estructura de muestreo utilizada. De la estructura empleada y la cantidad de bits por muestra de resolución, dependerá la calidad de la señal digital obtenida, en términos de relación Señal a Ruido (S/N).

Más adelante, veremos que si la estructura de muestreo es 4:2:2, las señales Cr y Cb se muestrean a la mitad de la frecuencia de luminancia o sea a 6,75 MHz cada una. En este caso, se muestrean por línea activa 360 muestras de cada una de las señales diferencia de color.

2.4 Estructuras de muestreo.

Las estructuras de muestreo se identifican con tres números. Tomemos como ejemplo la estructura 4:2:2.

El primer número (4), indica la frecuencia de muestreo de la señal de luminancia (Y), que siempre es de 13,5 MHz. El segundo número (2), indica la frecuencia de muestreo de la señal diferencia de color al azul Cb y el tercer número (2), indica la frecuencia de muestreo de la señal diferencia al rojo Cr.

Para este ejemplo tenemos:

4:2:2 = 13,5 : 6,75 : 6,75 (MHz)

2.4.1 Estructura de muestreo 4:4:4.

Existen varias estructuras o arquitecturas de muestreo y dependiendo de cual se elija, junto a la resolución de bits por muestra, dependerá en síntesis la velocidad binaria final y por ende la calidad de esa señal digital.

En la Figura 2.8 se representa la estructura de muestreo 4:4:4 para una línea de barrido con cuatro muestras consecutivas.

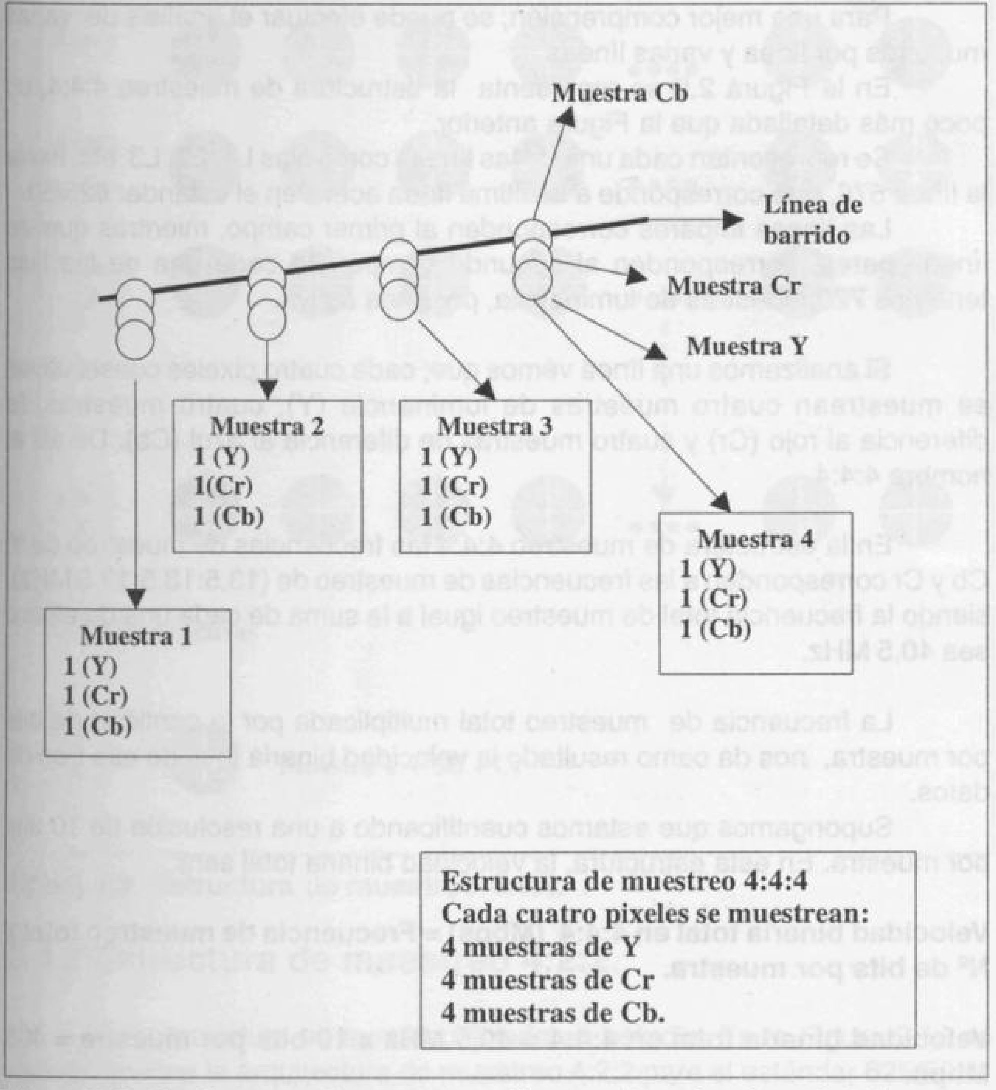


Figura 2.8. Cuatro muestras consecutivas en la estructura 4:4:4.

Es interesante destacar que las muestras (Y, Cb y Cr), se encuentran superpuestas. En esta estructura, cada cuatro muestras consecutivas en una línea, tenemos cuatro muestras de Y, cuatro de Cb y cuatro de Cr.

Dependiendo de la estructura de muestreo utilizada, cuando corresponda se muestrea solo luminancia o los tres pixeles a la vez, de esa muestra en particular.

Para una mejor comprensión, se puede efectuar el análisis de varias muestras por línea y varias líneas.

En la Figura 2.9 se representa la estructura de muestreo 4:4:4, un poco más detallada que la Figura anterior.

Se representan cada una de las líneas como filas L1, L2, L3 etc. hasta la línea 575, que corresponde a la última línea activa en el estándar 625/50.

Las líneas impares corresponden al primer campo, mientras que las líneas pares, corresponden al segundo campo. En cada una de las filas tenemos 720 muestras de luminancia, por línea activa.

Si analizamos una línea vemos que; cada cuatro pixeles consecutivos se muestrean cuatro muestras de luminancia (Y), cuatro muestras de diferencia al rojo (Cr) y cuatro muestras de diferencia al azul (Cb). De allí el nombre 4:4:4.

En la estructura de muestreo 4:4:4 las frecuencias de muestreo de Y, Cb y Cr corresponden a las frecuencias de muestreo de (13,5:13,5:13,5 MHz), siendo la frecuencia total de muestreo igual a la suma de cada una de ellas o sea 40,5 MHz.

La frecuencia de muestreo total multiplicada por la cantidad de bits por muestra, nos da como resultado la velocidad binaria total de ese tren de datos.

Supongamos que estamos cuantificando a una resolución de 10 bits por muestra. En esta estructura, la velocidad binaria total será:

Velocidad binaria total en 4:4:4 (Mbps) = Frecuencia de muestreo total x Nº de bits por muestra.

Velocidad binaria total en 4:4:4 = 40,5 MHz x 10 bits por muestra = 405 Mbps.

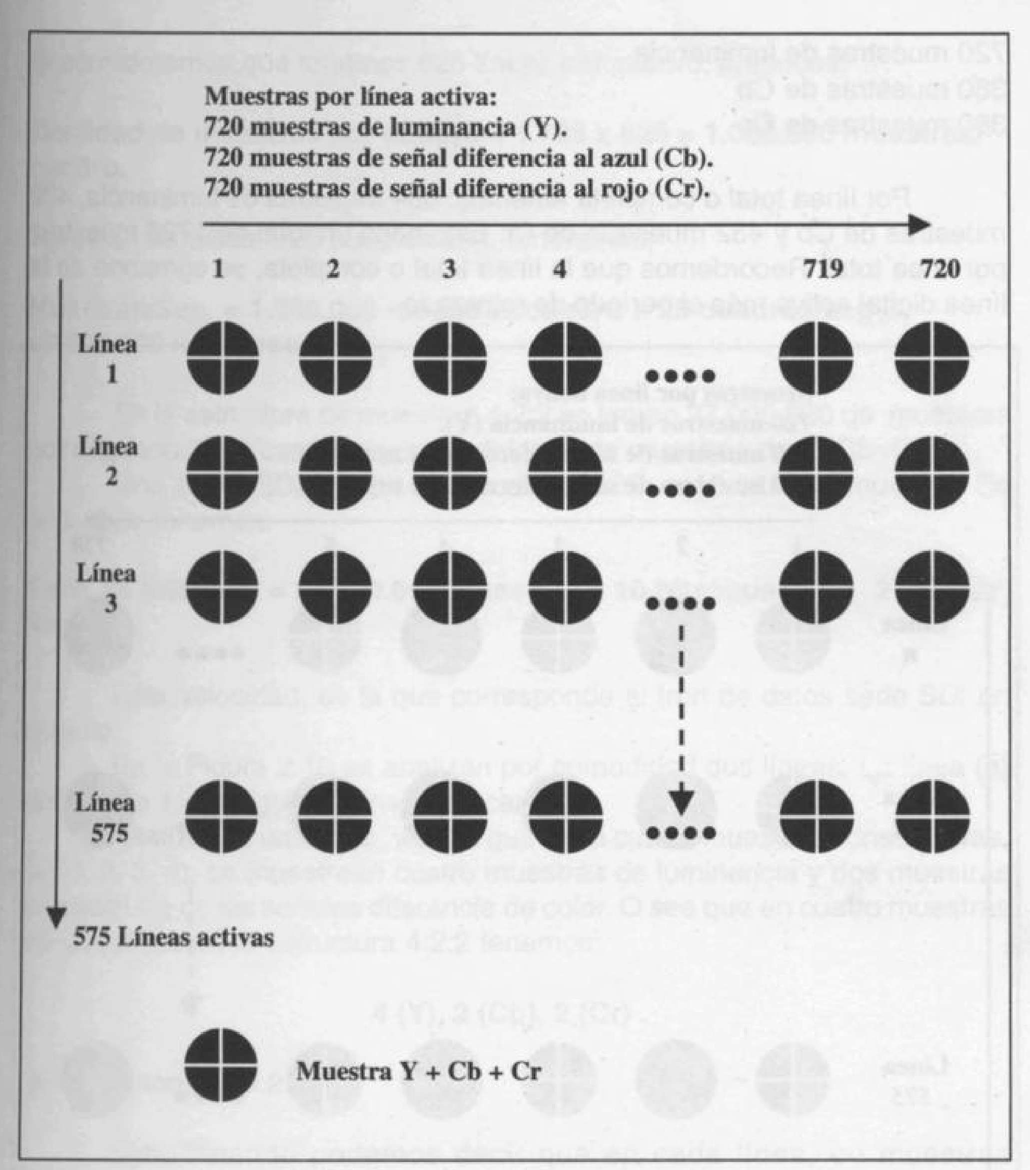


Figura 2.9. Estructura de muestreo 4:4:4.

2.4.2 Estructura de muestreo 4:2:2.

Esta estructura es la más utilizada en estudio. En la Figura 2.10 se puede observar la arquitectura de muestreo 4:2:2 para el estándar 625/50.

La cantidad de muestras por línea activa es de:

720 muestras de luminancia
360 muestras de Cb
360 muestras de Cr

Por línea total o completa tenemos: 864 muestras de luminancia, 432 muestras de Cb y 432 muestras de Cr. Esto hace un total de 1728 muestras por línea total. Recordemos que la línea total o completa, se compone de la línea digital activa más el período de retrazado.

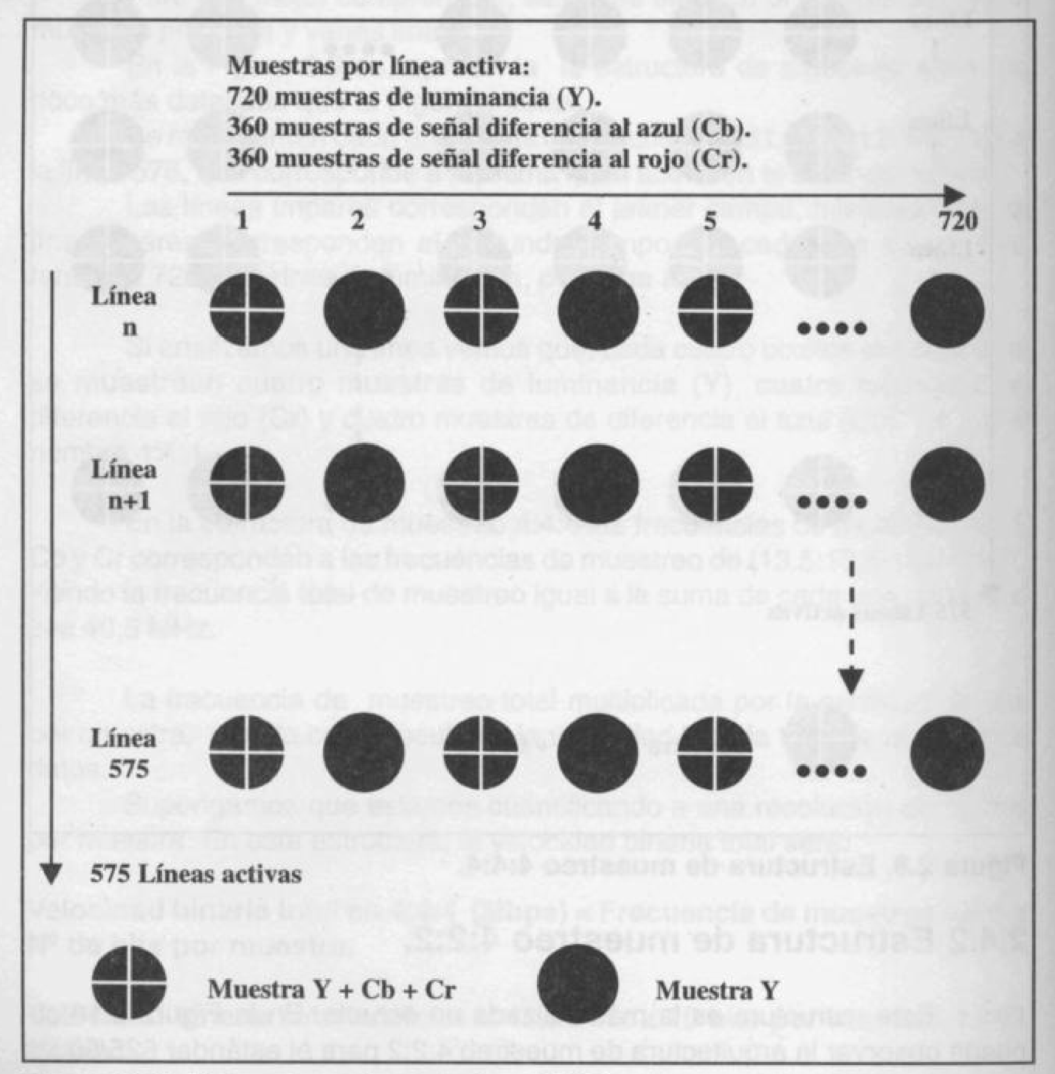


Figura 2.10. Estructura de muestreo 4:2:2

Si consideramos que tenemos 625 líneas por cuadro, entonces;

Cantidad de muestras por cuadro = 1.728 x 625 = 1.080.000 muestras/ cuadro.

Como se transmiten 25 cuadros/seg. tendremos;

Muestras/Seg. = 1.080.000 muestras/cuadro x 25 cuadros/seg = 27.000.000 muestras/Seg.

En la estructura de muestreo 4:2:2 se toman 27.000.000 de muestras por segundo. Esta cantidad resulta del total de muestras de Y+Cb+Cr.

Una señal SDI implica una cuantificación a 10 bits por muestra. En este caso tenemos:

Cant. de bits/Seg. = 27.000.000 muestras x 10 bits/muestra = 270 Mbit/ Seg.

Esta velocidad, es la que corresponde al tren de datos serie SDI en estudio.

En la Figura 2.10 se analizan por comodidad dos líneas. La línea (n) del campo 1 y la siguiente (n+1) del campo 2.

Analizando una línea, vemos que cada cuatro muestras consecutivas, ej. (1, 2, 3, 4), se muestrean cuatro muestras de luminancia y dos muestras de cada una de las señales diferencia de color. O sea que en cuatro muestras consecutivas en la estructura 4:2:2 tenemos:

4 (Y), 2 (Cb), 2 (Cr) .

De allí el nombre 4:2:2.

Simplificando podemos decir que en cada línea, en muestras alternadas, se muestrea luminancia solamente.

Si analizamos la primer muestra de cada fila vemos que esa muestra corresponde a Y, Cb y Cr. En esta estructura la resolución vertical es el doble que la horizontal.

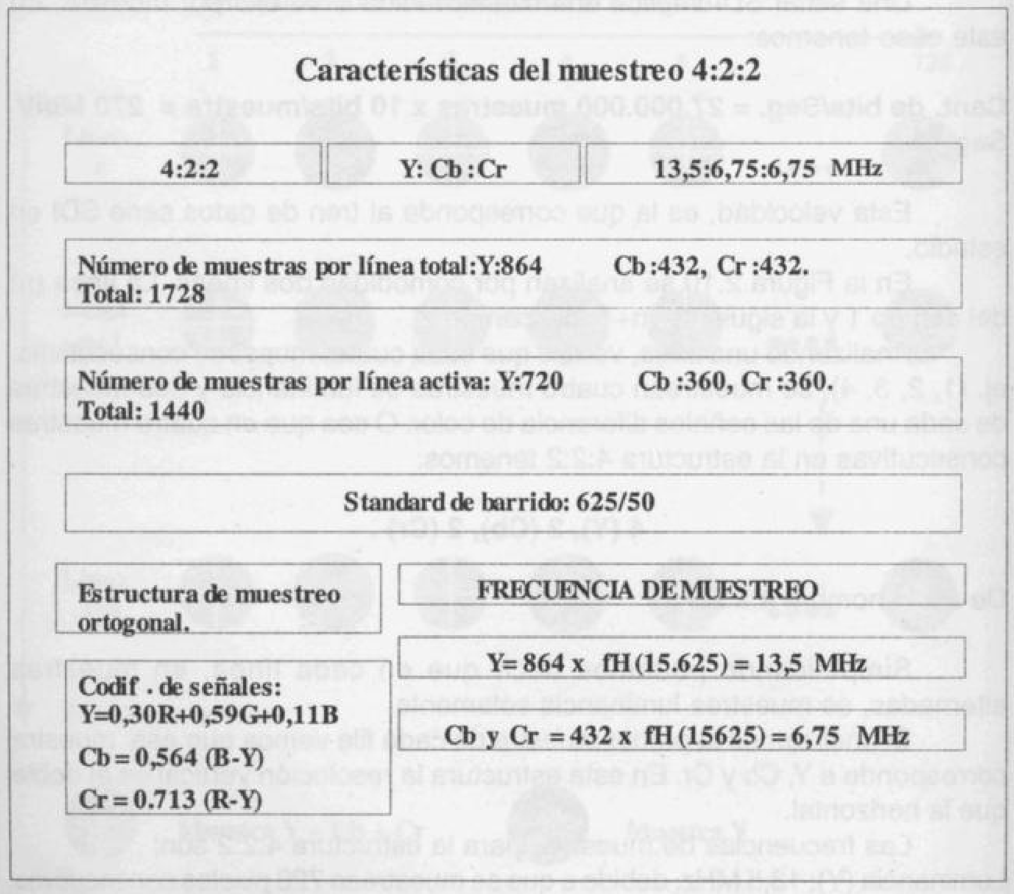
Las frecuencias de muestreo para la estructura 4:2:2 son:
Luminancia (Y): 13,5 MHz, debido a que se muestrean 720 pixeles consecutivos por línea activa.

Señal diferencia al azul (Cb): Se muestrea en cada línea (pixel por medio), que corresponde a una frecuencia de muestreo que es la mitad de la frecuencla de luminancia o sea 6,75 MHz. En este caso se muestrean la mitad de los pixeles de luminancia por línea activa o sea 360 muestras.

Señal diferencia al rojo (Cr): Exactamente igual que Cb. La frecuencia de muestreo corresponde a 6,75 MHz y la cantidad de muestras por línea activa es de 360.

En la estructura 4:2:2, el (4) implica una frecuencia de muestreo de 13,5 MHz para la señal de luminancia. Cada uno de los números (2) implica una frecuencia de muestreo mitad o sea 6,75 MHz para cada una de las señales diferencia de color.

Un resumen de esta estructura se analiza en la Figura 2.11.


Características del muestreo 4:2:2

4:2:2	Y: Cb : Cr	13,5:6,75:6,75 MHz

Número de muestras por línea total: Y:864 Cb :432, Cr :432.
Total: 1728

Número de muestras por línea activa: Y:720 Cb :360, Cr :360.
Total: 1440

Standard de barrido: 625/50

Estructura de muestreo ortogonal.

Codif . de señales:
Y=0,30R+0,59G+0,11B
Cb = 0,564 (B-Y)
Cr = 0.713 (R-Y)

FRECUENCIA DE MUESTREO

Y= 864 x fH (15.625) = 13,5 MHz

Cb y Cr = 432 x fH (15625) = 6,75 MHz

Figura 2.11. Resumen de los características principales en la estructura de muestreo 4:2:2.

2.4.2.1 Cálculo de la velocidad binaria en 4:2:2.

Calcularemos ahora, la velocidad binaria para una señal digitalizada con una estructura de muestreo 4:2:2. Este cálculo se puede efectuar de dos maneras; la primera de ellas es la más simple dado que conociendo solo la resolución de cuantificación, podemos determinar la velocidad binaria, ver Figura 2.12.

$$Vb = (f_y + f_{cb} + f_{cr}) \;.\; n$$

Vb: Velocidad binaria en Mbps.
fy: Frecuencia de muestreo de luminancia en MHz.
fcb: Frecuencia de muestreo de la señal dif. al azul Cb en MHz.
fcr: Frecuencia de muestreo de la señal dif. al rojo Cr en MHz.
n: Número de bits por muestra de resolución.

4:2:2 - Y=13,5 MHz. Cb= 6,75 MHz. Cr=6,75 MHz.
n: Resolución de 8 bits por muestra.

$$Vb = (13{,}5 + 6{,}75 + 6{,}75) \;.\; 8 = 216 \text{ Mbps}$$

4:2:2 - Y=13,5 MHz. Cb= 6,75 MHz. Cr=6,75 MHz.
Resolución de 10 bits por muestra.

$$Vb = (13{,}5 + 6{,}75 + 6{,}75) \;.\; 10 = 270 \text{ Mbps}$$

Figura 2.12. Cálculo de la velocidad binaria para la estructura 4:2:2 en 8 y 10 bits por muestra de resolución.

En efecto, la velocidad binaria viene dada por la frecuencia de muestreo total por el número de bits por muestra de resolución. Más adelante en este mismo Capítulo, veremos el concepto de cuantificación de la señal muestreada y se comprenderá mejor esto.

En la estructura 4:2:2, la frecuencia total de muestreo es de 27 MHz. Esta frecuencia multiplicada por el número de bits por muestra de resolución, no da como resultado la velocidad total de ese flujo de datos.

Cuantificando a 8 bits por muestra de resolución, la velocidad binaria es de 216 Mbits por segundo. Si pasamos de 8 a 10 bits de cuantificación por muestra, la velocidad binaria es ahora de 270 Mbits por segundo.

Esta señal como se había visto, es la que corresponde a una señal SDI.

Otra forma de calcular la velocidad binaria se muestra en la Figura 2.13.

$$Vb = (My+MCb+MCr) \times N^o\,lín \times N^o c \times n$$

Vb:	**Velocidad binaria en Mbps.**
My:	**Número de muestras de luminancia por línea total.**
MCb:	**Número de muestras de señal dif. al azul por línea total.**
MCr:	**Número de muestras de señal dif. al rojo por línea total.**
Nºlín :	**Número total de líneas por cuadro.**
Nºc:	**Número de cuadros por segundo.**
n:	**Rango de cuantificación. 8 ó 10 bits por muestra.**

4:2:2 - 625/50

$$Vb = (864 + 432 + 432) \times 625 \times 25 \times 8 = 216\ \text{Mbps}$$

$$Vb = (864 + 432 + 432) \times 625 \times 25 \times 10 = 270\ \text{Mbps}$$

Figura 2.13. Otro método para calcular la velocidad binaria. Ejemplo para una estructura 4:2:2 en 8 y 10 bits de resolución.

En este caso, la velocidad binaria está dada por el número de muestras totales de luminancia o sea: 720 muestras que corresponden a la parte activa de la línea y 144 muestras que corresponden al retrazado.

Como se había mencionado, para el estándar 625/50, tenemos 864 muestras de luminancia por línea total. Para cada una de las señales diferencia de color, la cantidad de muestras por línea total es de 432.

La cantidad total de muestras por línea, por la cantidad total de líneas barridas por cuadro, por la cantidad de cuadros por segundo, por la cantidad de bits por muestra, nos da como resultado la velocidad binaria total en cualquier estructura.

Este caso es el visto en la Figura 2.13. Cualquiera de los dos métodos adoptados para calcular la velocidad binaria es válido y se llega al mismo resultado final.

2.4.3 Estructura de muestreo 4.1.1.

La estructura de muestreo 4:1:1 se utiliza en aplicaciones semi profesionales. En la Figura 2.14 se puede apreciar este tipo de estructura.

Si analizamos una línea de barrido cualquiera por ejemplo la línea 1, vemos que cada cuatro muestras consecutivas de luminancia, se muestrea un pixel de Cr y uno de Cb.

O sea que la primer muestra corresponde a Y, Cb y Cr. Esto es debido a que los tres pixeles están superpuestos. En la segunda, tercera y cuarta muestras de la línea, solo se muestrea luminancia.

En este caso, las frecuencias de muestreo para la estructura 4:1:1 corresponden a:

4 = 13,5 MHz
1 = 3,375 MHz
1 = 3,375 MHz

La fórmula para el cálculo de la velocidad binaria es;

Velocidad binaria (Mbps) = Frecuencia de muestro total x Nº de bits por muestra de resolución.

Aplicando esta fórmula, para la estructura 4:1:1 en 8 bits, la velocidad binaria es:

Velocidad binaria (8 bits) = (13,5 + 3,375 + 3,375) x 8 = 162 Mbps

Para 10 bits, la velocidad binaria es:

Velocidad binaria (10 bits) = (13,5 + 3,375 + 3,375) x 10 = 202,5 Mbps

Nótese que para un flujo de datos en 4:1:1, cuantificado a 10 bits, la velocidad binaria del tren de datos es un 25% mayor que un flujo cuantificado a 8 bits por muestra.

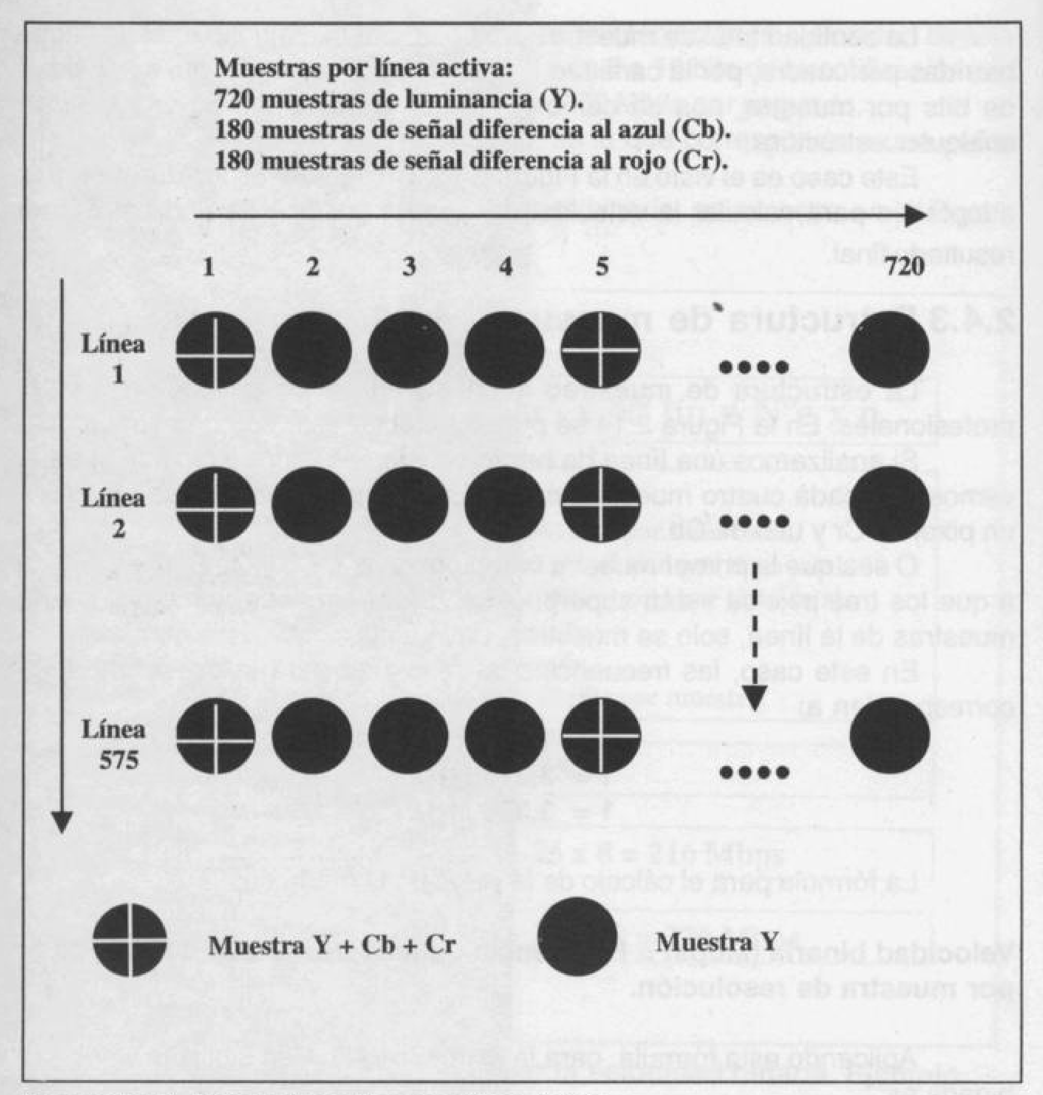


Figura 2.14. Estructura de muestreo 4:1:1

2.4.4 Estructura de muestreo 4:2:0.

La estructura 4:2:0, es una de las más utilizadas en señales que serán comprimidas en MPEG-2. En la Figura 2.15 se representa este tipo de estructura.

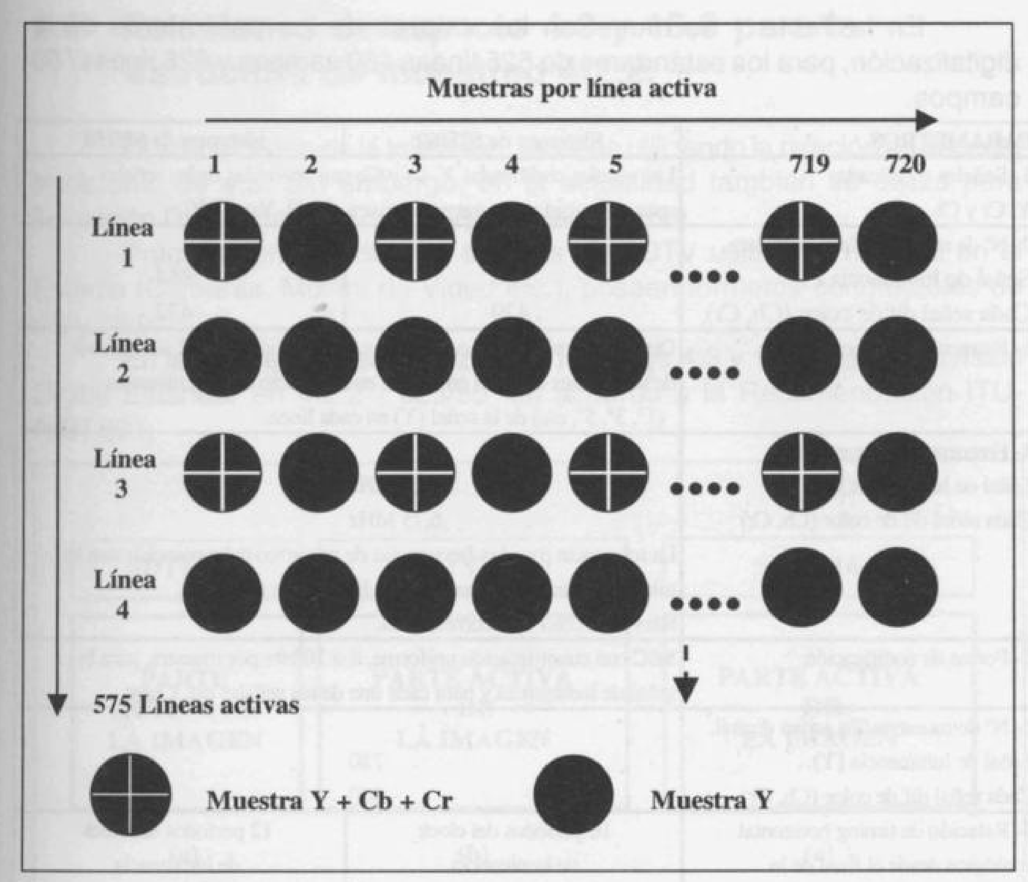


Figura 2.15. Estructura de muestreo 4:2:0.

En 4:2:0 en líneas alternadas no se muestrean las señales diferencia de color. En esas líneas solo se muestrea luminancia.

Las líneas 1 y 3 corresponden al primer campo, donde el muestreo es como un 4:2:2 y las líneas 2 y 4 corresponden al segundo campo. En estas líneas no se muestrea croma.

2.5 Parámetros de codificación para la estructura 4:2:2 a 13,5 MHz.

La Recomendación ITU-R.BT.601 fija el estándar para Televisión Digital en Estudio. Además, establece los parámetros de codificación de la señales, específicamente para una estructura de muestreo 4:2:2 a 8 y 10 bits por muestra de resolución.

En la Tabla 1 se muestran los valores de los parámetros de la digitalización, para los estándares de 525 líneas / 60 campos y 625 líneas / 50 campos.

PARAMETROS	Sistemas de 525/60	Sistemas de 625/50
1- Señales codificadas Y, Cr y Cb.	Las señales codificadas Y, Cr y Cb son obtenidas de las señales pre corregidas en gamma, o sea; Y, R-Y y B-Y.	
2- Nº de muestras/línea completa. Señal de luminancia (Y). Cada señal dif.de color (Cb, Cr)	 858 429	 864 432
3- Estructura de muestreo.	Ortogonal y repetitiva en cada línea, campo y cuadro. Las muestras de las señales Cr y Cb coinciden en el espacio con las muestras (1°, 3°, 5°, etc) de la señal (Y) en cada línea.	
4- Frecuencia de muestreo. Señal de luminancia (Y). Cada señal dif.de color (Cb, Cr)	 13,5 MHz 6,75 MHz La tolerancia para las frecuencias de muestreo debe coincidir con la tolerancia para las frecuencias de línea, de la norma de televisión color que corresponda.	
5- Forma de codificación	MIC con cuantificación uniforme, 8 ó 10 bits por muestra, para la señal de luminancia y para cada una de las señales dif. Color.	
6- Nº de muestras/lín.activa digital. Señal de luminancia (Y). Cada señal dif.de color (Cb, Cr)	 720 360	
7- Relación de timing horizontal analógico desde el final de la linea activa digital hasta Oh.	16 períodos del clock de luminancia.	12 períodos del clock de luminancia.
8- Relación entre los niveles de la señal de video y los niveles de cuantificación.	Escala. De 0 hasta 255. Corresponden a 256 niveles o pasos de cuantificación para 8 bits por muestra.	
9- Uso de palabras de código.	Las palabras de código que corresponden a los niveles de cuantificación 0 a 255 se utilizan exclusivamente para sincronización. Los niveles 1 a 254 están disponibles para video.	
10- Escala de cuantificación. Señal de luminancia (Y). Cada señal dif.de color (Cb, Cr)	0 a 255 220 niveles. El nivel de negro corresponde al nivel 16 y el máximo nivel de blanco corresponde al nivel 235. 225 niveles de cuantificación en la parte central de la escala de cuantificación: la señal cero corresponde al nivel 128.	

Tabla 1. Parámetros de digitalización para 625/50 y 525/60 en la estructura 4:2:2.

Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

2.6 Relaciones de aspecto 4:3 y 16:9 para la estructura de muestreo 4:2:2.

Desde el origen de la televisión se viene utilizando la relación de aspecto tradicional de 4:3. Sin embargo, en la actualidad también se utiliza para Televisión Digital Estándar (SDTV) la relación 16:9.

Prácticamente, todos los equipos de SDTV utilizados hoy día en el Estudio (Cámaras, Mixers de Video etc.), poseen formatos conmutables de 4:3 y 16:9.

En la Figura 2.16 se analizan los formatos 4:3 y 16:9, para Televisión Digital Estándar en 4:2:2 - 625/50 de acuerdo a la Recomendación ITU-R.BT.601.

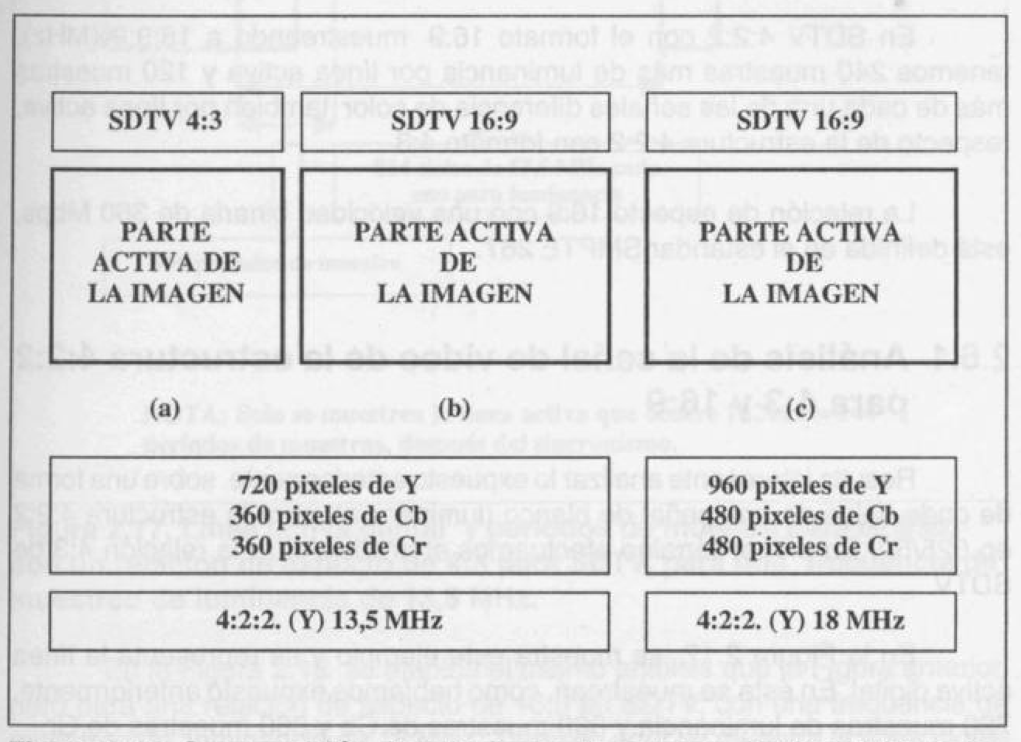


Figura 2.16. Comparación de relaciones de aspecto de 4:3 y 16:9 de la Recomendación ITU-R.BT.601.

En la parte a) y b) de la Figura, se representa la parte activa de la imagen para una relación de aspecto de 4:3 y 16:9 en SDTV. Esto corresponde a una frecuencia de muestreo de luminancia de 13,5 MHz.

En ambos casos, por cada línea activa se muestrean 720 pixeles de luminancia y 360 pixeles para cada una de las señales diferencia de color.

Para una relación de aspecto de 16:9 en SDTV parte c) de la Figura), se muestrean 960 pixeles de luminancia y 480 pixeles para cada una de las señales diferencia de color de acuerdo a la Recomendación ITU-R.BT.601.

En este caso, la frecuencia de muestreo de luminancia es de 18 MHz y 9 MHz para cada una de las señales diferencia de color. La frecuencia de muestreo total es en este caso de 36 MHz. Cuantificando con una resolución de 10 bits por muestra de resolución, la velocidad binaria total de este tren de datos es de 360 Mbps.

En SDTV 4:2:2 con el formato 16:9 muestreando a 18:9:9 (MHz), tenemos 240 muestras más de luminancia por línea activa y 120 muestras más de cada una de las señales diferencia de color tambien por línea activa, respecto de la estructura 4:2:2 con formato 4:3.

La relación de aspecto 16:9 con una velocidad binaria de 360 Mbps, está definida en el estándar SMPTE 267.

2.6.1 Análisis de la señal de video de la estructura 4:2:2 para 4:3 y 16:9

Resulta interesante analizar lo expuesto anteriormente sobre una forma de onda típica de una señal de blanco (luminancia), para la estructura 4:2:2 en 625/50. En primer término efectuamos el análisis para la relación 4:3 de SDTV.

En la Figura 2.17 se muestra este ejemplo y se representa la línea activa digital. En ésta se muestrean, como habíamos expuesto anteriormente, 720 muestras de luminancia y 360 muestras de Cb y 360 muestras de Cr.

Entre dos frentes de pulsos de sincronismo tenemos 864 ciclos de 13,5 MHz para luminancia. Aquí solo se muestrea la línea activa.
Esto ocurre cada 144 períodos de muestra después del sincronismo o sea (132 + 12) muestras.

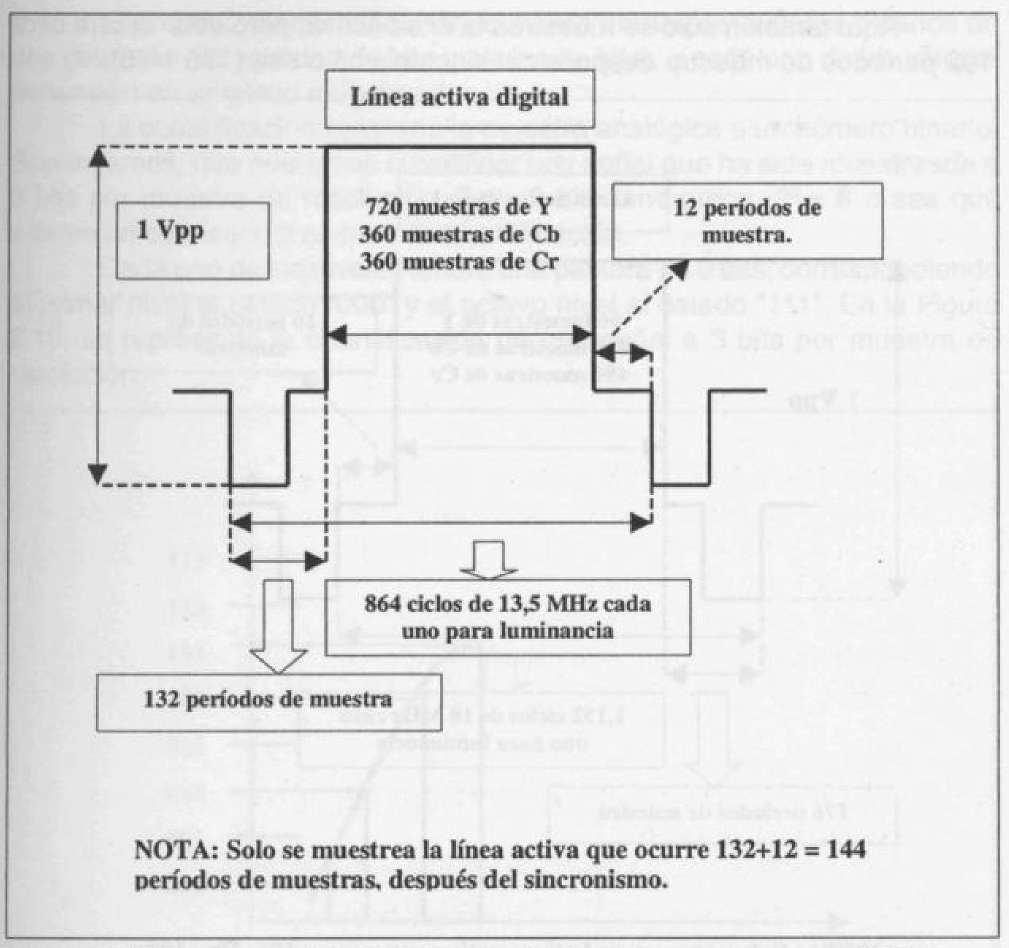


Figura 2.17. Línea activa digital y períodos de muestra para 625/50, con un relación de aspecto de 4:3 para SDTV, para una frecuencia de muestreo de luminancia de 13,5 MHz.

En la Figura 2.18 se efectúa el mismo análisis que la Figura anterior, pero para una relación de aspecto de 16:9 en SDTV, con una frecuencia de muestreo de luminancia de 18 MHz. También aquí se muestra la línea digital activa.

Como se había visto, durante la línea digital activa en 4:2:2 para 16:9 SDTV, se muestrean 960 pixeles de luminancia, 480 pixeles para Cb y 480 pixeles para Cr.

Entre dos frentes de pulsos de sincronismo, tenemos 1152 ciclos. En este caso, la frecuencia de muestreo de luminancia es de 18 MHz.

Aquí también solo se muestrea la línea activa, pero esta ocurre cada 192 períodos de muestra después del sincronismo o sea (176 + 16).

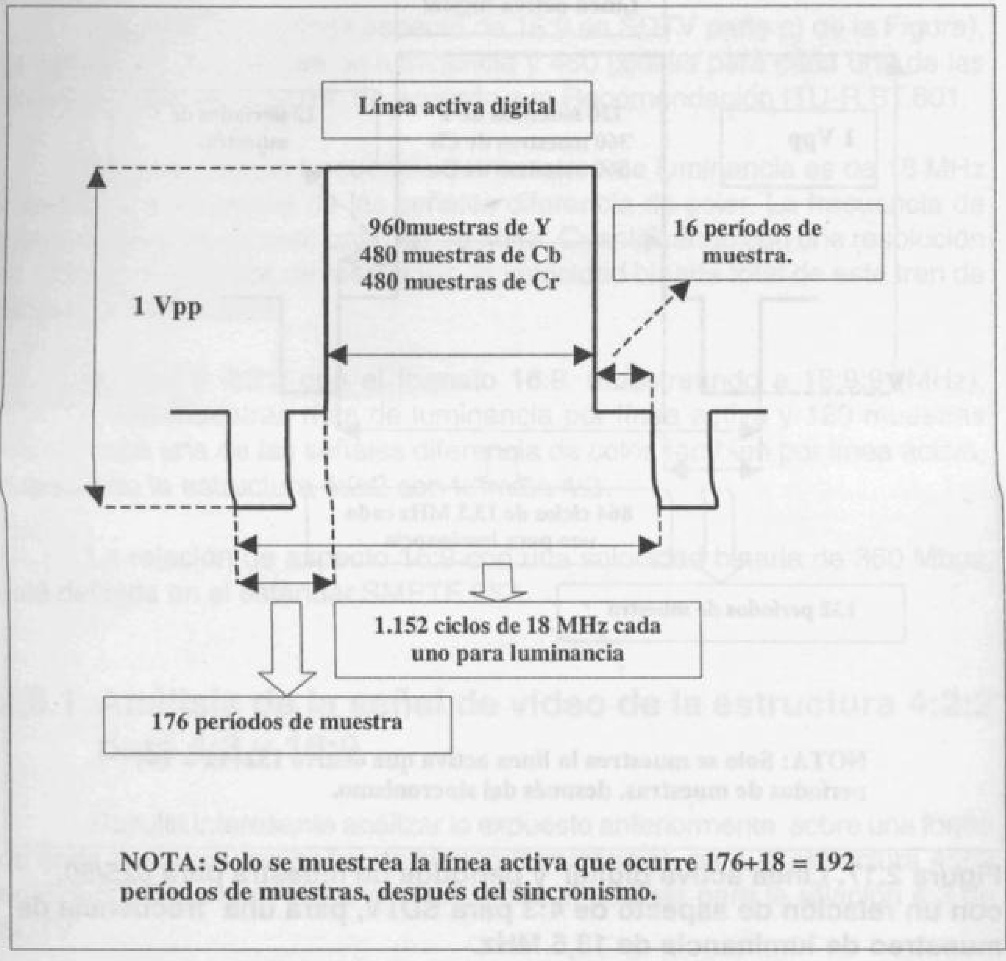


Figura 2.18. Línea activa digital y períodos de muestra para 525/60, con un relación de aspecto de 16:9 para SDTV, para una frecuencia de muestreo de luminancia de 18 MHz.

2.7 Cuantificación de los valores muestreados.

Una vez que las señales de luminancia y diferencia de color (Y, Cr, Cb) son muestreadas, para completar el proceso de digitalización de la señal, se procede a efectuar la cuantificación.

El proceso de cuantificación, consiste en asignar valores binarios de una determinada cantidad de bits (palabra de bits), a cada uno de los valores de tensión en amplitud muestreados.

La cuantificación convierte la muestra analógica a un número binario. Supongamos, que queremos cuantificar una señal que ha sido muestreada a 3 bits por muestra de resolución. Para 3 bits tendremos $2^3 = 8$ o sea que existen en este caso 8 niveles de cuantificación.

Cada uno de los niveles tendrá una palabra de 3 bits, correspondiendo el primer nivel al estado "000" y el octavo nivel al estado "111". En la Figura 2.19, se representa la cuantificación de una señal a 3 bits por muestra de resolución.

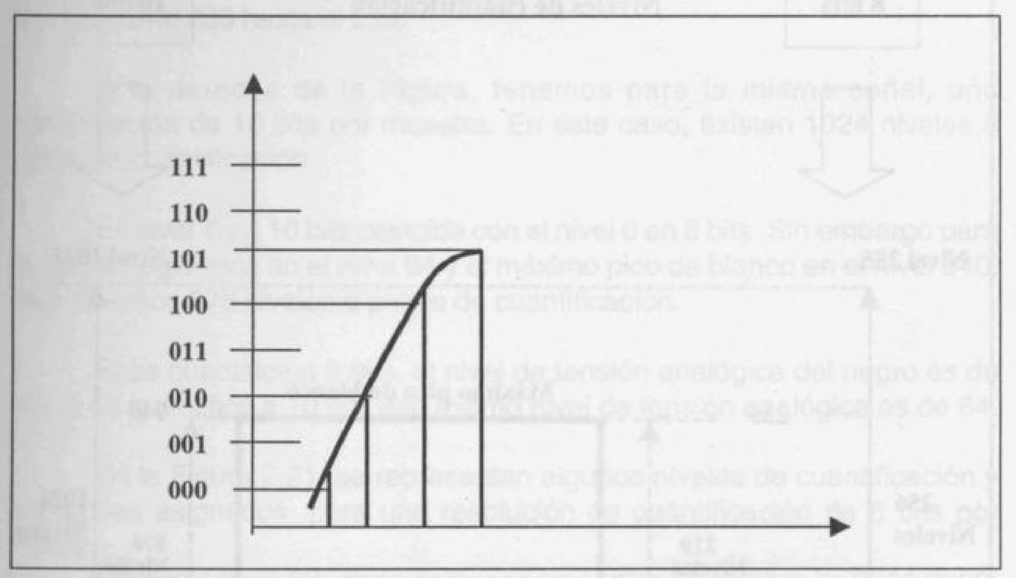


Figura 2.19. Cuantificación a 3 bits por muestra.

Aquí podemos observar que; para la primer muestra le corresponde el primer nivel que es "000". A la segunda muestra le corresponde el nivel "010". A la tercer muestra le corresponde el nivel "100" y a la cuarta muestra le corresponde el nivel "101".

La Recomendación ITU-R. BT.601 establece los parámetros para una cuantificación de 8 y 10 bits por muestra. Actualmente es común cuantificar a 10 bits por muestra.

Para 8 bits se establecen $2^8 = 256$ niveles de cuantificación numerados de 0 a 255. De estos 256 niveles de cuantificación el primer nivel es 0000 0000 y el último nivel es 1111 1111.

Para 10 bits le corresponden $2^{10} = 1.024$ niveles numerados de 0 a 1.023.

En este caso el primer nivel es 00 0000 0000 y el último nivel es 11 1111 1111. Evidentemente cuanto mayor es la cantidad de bits por muestra, más son los pasos de cuantificación y por ende mayor es la resolución o definición de la imagen y una mejor relación Señal a Ruido (S/N).

En la Figura 2.20 se representan los niveles de cuantificación para 8 y 10 bits por muestra, para la señal de luminancia.

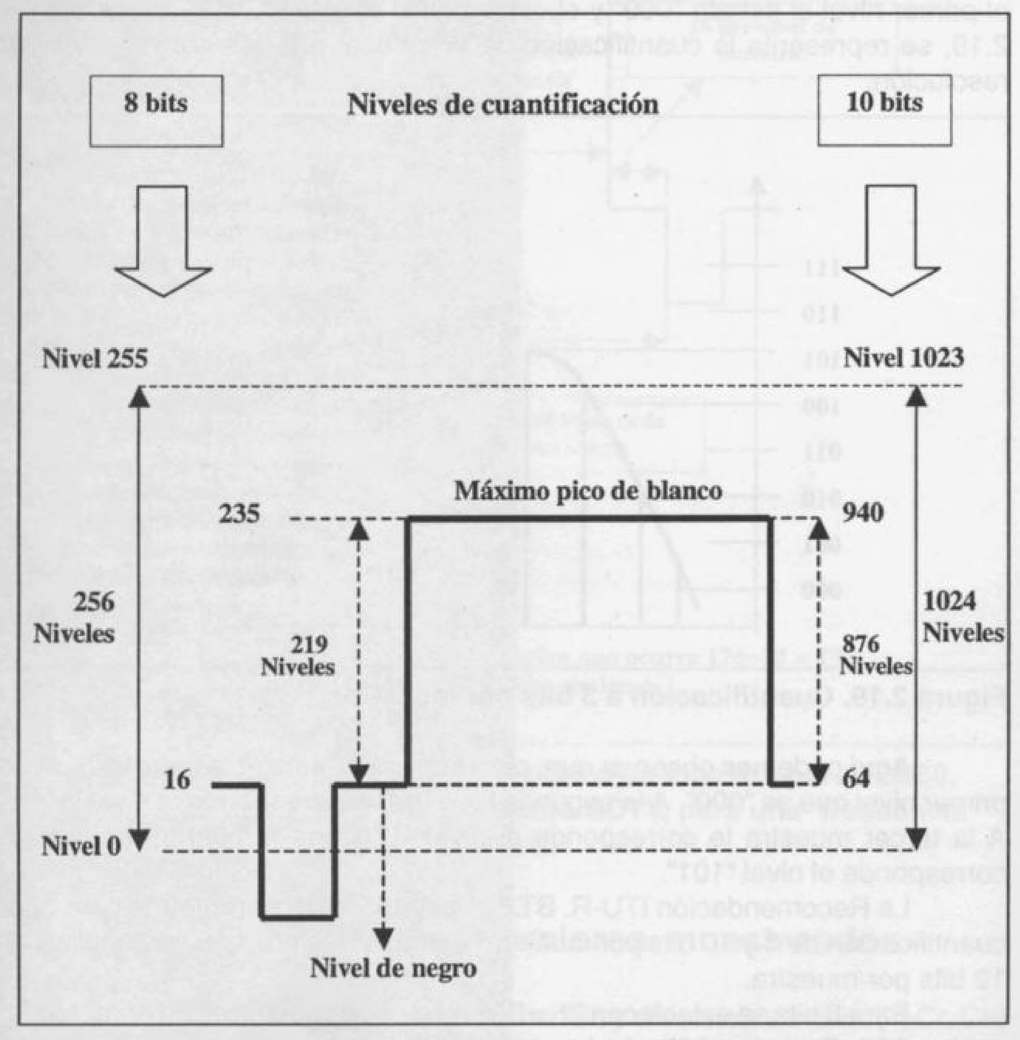


Figura 2.20. Niveles de cuantificación para la señal de luminancia para 8 y 10 bits por muestra de resolución.

En la parte izquierda de la Figura se representan los distintos niveles, para una cuantificación de 8 bits por muestra.

En total tenemos 256 niveles o pasos de cuantificación, contados desde el nivel 0 al 255. Aquí vemos que el sincronismo prácticamente no se muestrea.

El negro arranca en el nivel 16 y el máximo pico de blanco corresponde al nivel 235. Entre el negro y el máximo pico de blanco tenemos 219 niveles de cuantificación.

Desde el nivel 0 al 16 no hay muestreo de la señal. Lo mismo ocurre desde el nivel 235 hasta el 255.

A la derecha de la Figura, tenemos para la misma señal, una cuantificación de 10 bits por muestra. En este caso, existen 1024 niveles o pasos de cuantificación.

El nivel 0 en 10 bits coincide con el nivel 0 en 8 bits. Sin embargo para 10 bits el negro está en el nivel 64 y el máximo pico de blanco en el nivel 940. Aquí tenemos 876 niveles o pasos de cuantificación.

Si se cuantifica a 8 bits, el nivel de tensión analógica del negro es de 16 y si se cuantifica a 10 bits ese mismo nivel de tensión analógica es de 64.

En la Figura 2.21 se representan algunos niveles de cuantificación y los valores asignados para una resolución de cuantificación de 8 bits por muestra.

El primer nivel (0) tiene asignado un código de palabra de 0000 0000. El máximo nivel 255 corresponde al código de palabra en binario de 1111 1111.

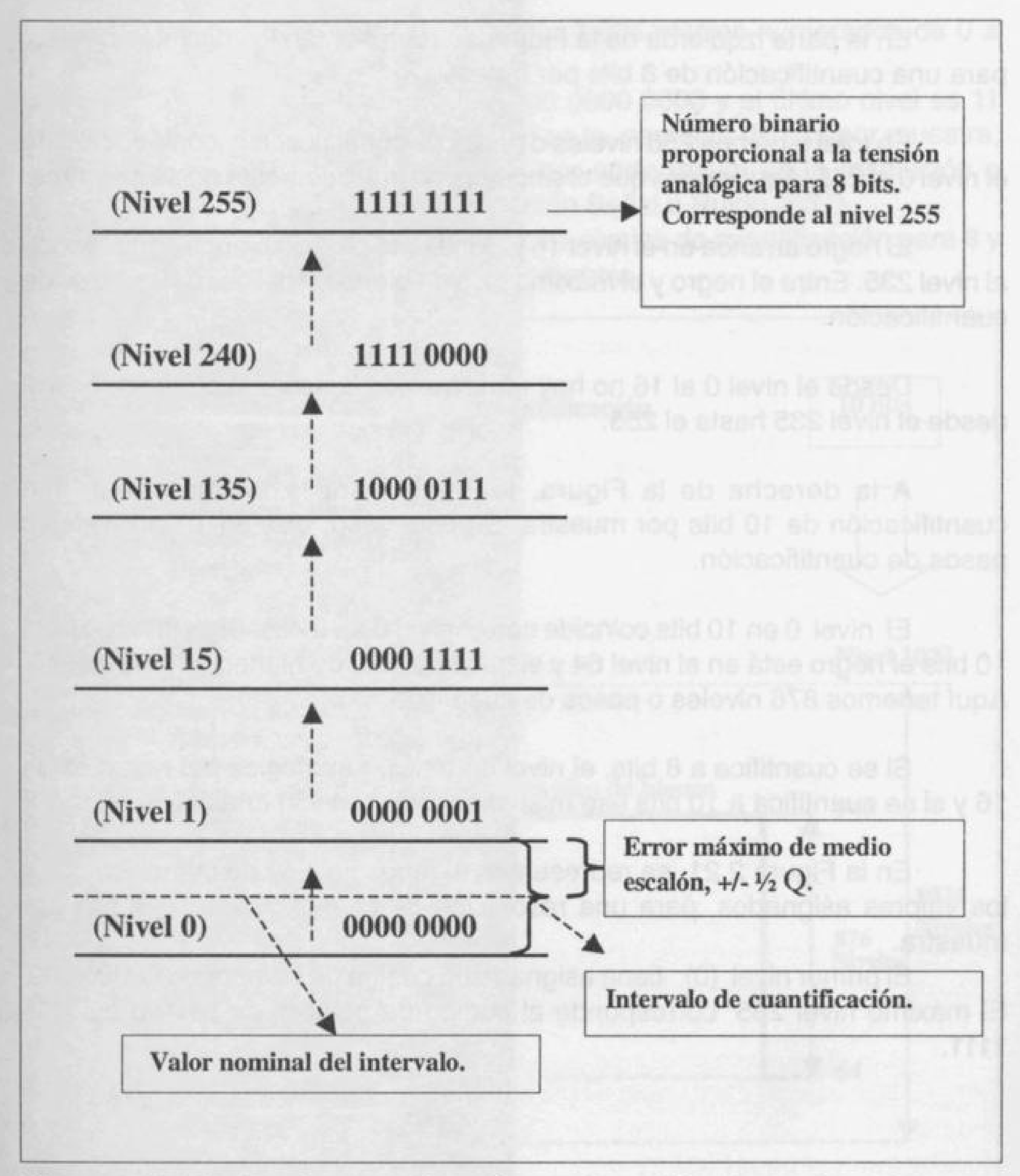


Figura 2.21. Niveles de cuantificación y valores binarios asignados para 8 bits.

En la Figura 2.22 se representan los niveles de cuantificación normalizados para 8 bits, para las señales diferencia de color Cb y Cr.

Estos valores son;

Nivel medio de la señal: 128
Nivel mínimo: 16
Nivel máximo: 240

Hay una zona de seguridad, por cualquier excursión que pudiera tener la señal, entre los niveles 0 a 16 y 240 a 255.

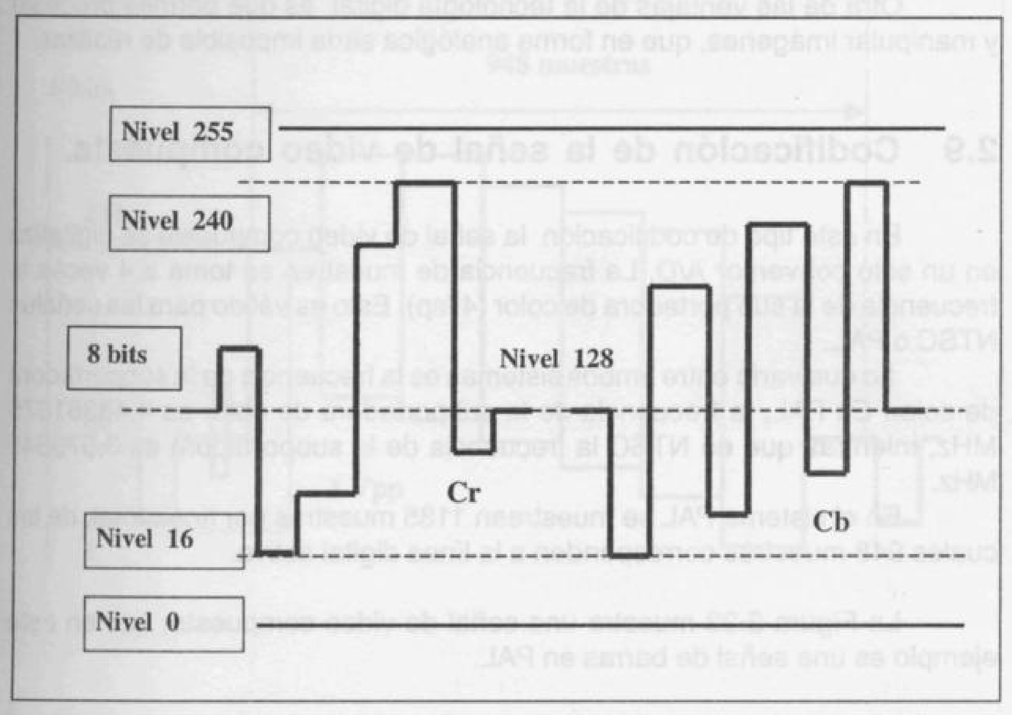


Figura 2.22. Niveles de cuantificación para 8 bits para las señales Cb y Cr.

2.8 Relación Señal a Ruido (S/N) de la señal digital.

Existe una relación directa entre la relación Señal a Ruido (S/N) de la señal y los niveles de cuantificación. En efecto, una señal cuantificada a 8 bits por muestra tiene una relación S/N de 58,3 dB. Por cada bit que se aumenta la resolución de cuantificación, la relación Señal a Ruido se incrementa en 6 dB. Es así que una señal de 9 bits tiene 6 dB más de S/N que una señal de 8 bits o sea 64,3 dB y una señal de 10 bits tiene 6 dB más de S/N que una señal de 9 bits o sea 70,3 dB y así sucesivamente.

Es importante destacar que estas relaciones de S/N se logran y se sobrepasan también con señales analógicas. Esto nos indica que la señal digital en primera instancia, no tiene mejor relación S/N que la señal analógica.

La señal digital distribuida correctamente es una señal que no tiene ruido. Además, tiene la ventaja con respecto a la señal analógica, que no sufre degradaciones en sucesivas ediciones.

Otra de las ventajas de la tecnología digital es que permite procesar y manipular imágenes, que en forma analógica sería imposible de realizar.

2.9 Codificación de la señal de video compuesta.

En este tipo de codificación la señal de video compuesta se digitaliza en un solo conversor A/D. La frecuencia de muestreo se toma a 4 veces la frecuencia de la sub portadora de color (4 fsp). Esto es válido para las señales NTSC o PAL.

Lo que varía entre ambos sistemas es la frecuencia de la subportadora de color. En PAL, la frecuencia de la subportadora de color es 4,43361875 MHz, mientras que en NTSC la frecuencia de la subportadora es 3,579545 MHz.

En el sistema PAL se muestrean 1135 muestras por línea total, de las cuales 948 muestras corresponden a la línea digital activa.

La Figura 2.23 muestra una señal de video compuesto, que en este ejemplo es una señal de barras en PAL.

Para 8 bits el sincronismo (-300 mV) comienza en el nivel 1 de cuantificación. El negro (0 mV) corresponde al nivel 64. El máximo pico de blanco (700 mV) corresponde al nivel 211.

Debido a que la frecuencia de muestreo es de 4fsp (4 x frecuencia de la subportadora de color), tendremos;

Frecuencia de muestreo para PAL = 4 x 4,43361875 = 17,73447 MHz.
Frecuencia de muestreo para NTSC = 4 X 3,579545 = 14,31818 MHz.

Las velocidades binarias para Digital Compuesto en los sistemas PAL y NTSC serán:

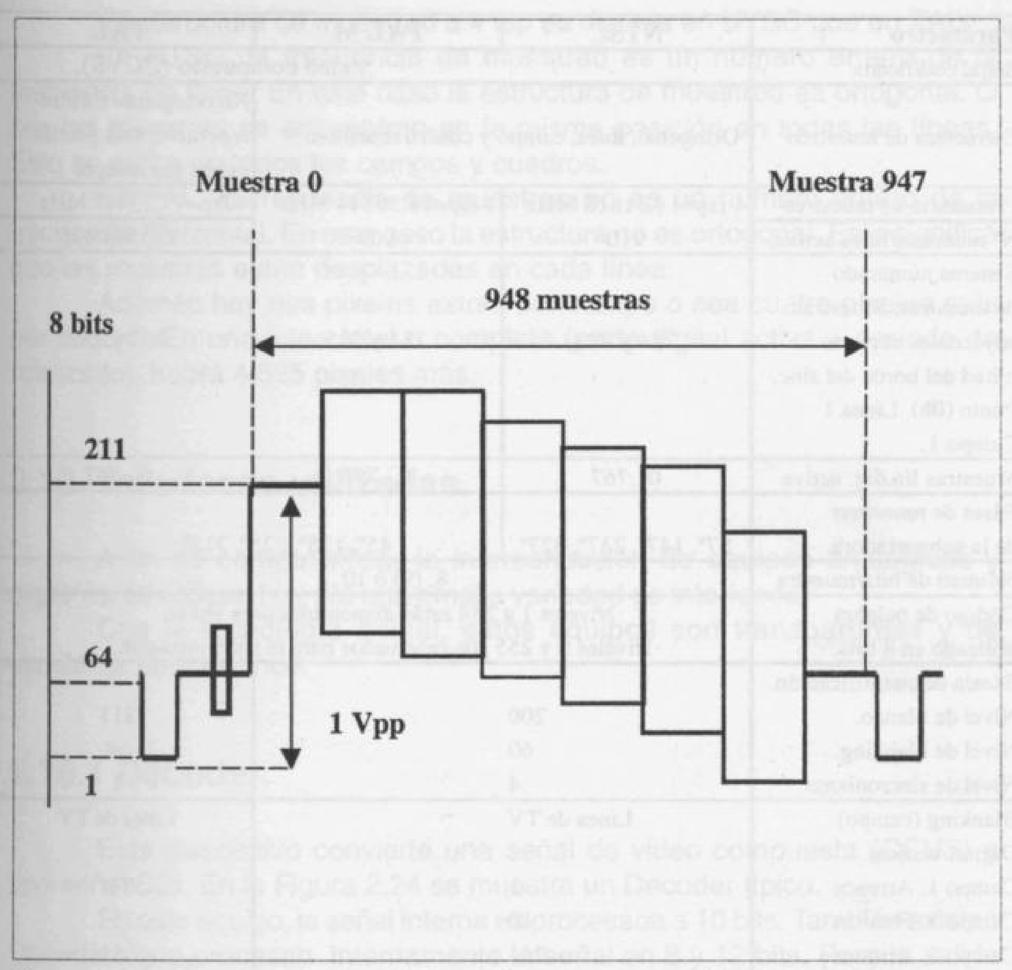


Figura 2.23. Niveles de cuantificación para una señal PAL Digital Compuesta.

Velocidad binaria en PAL Digital Compuesto = 17,73447 MHz x 10 bits/ muestra = 177,344 Mbit/Seg.

Velocidad binaria en NTSC Digital Compuesto = 14,31818 MHz x 10 bits/ muestra = 143,181 Mbit/Seg.

En la Tabla 2, se representan los parámetros principales para la codificación de la señal de video compuesta en los estándares NTSC y PAL.

Parámetro	NTSC	PAL M	PAL
Señal codificada	Video compuesto (CCVS).		
Estructura de muestreo	Ortogonal, línea, campo y cuadro repetitivo		No ortogonal. Cuadro repetitivo. Dos pixeles extras por campo.
Frecuencia de muestreo	4 fsp=14,31818 MHz	4 fsp=14,30244 MHz	4 fsp=17,73447 MHz
Nº muestras/línea activa.	910	909	1135+4/625
Sistema numerado de muestras. Muestras adyacentes al punto mitad del borde del sinc. Punto (0h). Línea 1 Campo 1.	784 y 783	784 y 785	957 y 958
Muestras lín.dig. activa	0...767	0...767	0...947
Fases de muestreo de la subportadora.	57º, 147º, 237º, 327º	45º, 135º, 225º, 315º	
Número de bits/muestra	8, (9) ó 10		
Código de palabra utilizado en 8 bits.	Niveles 1 a 254 están disponibles para video. Niveles 0 y 255 son reservados para la sincronización.		
Escala de cuantificación. Nivel de blanco. Nivel de blanking. Nivel de sincronismo.	 200 60 4		 211 64 1
Blanking (campo) Digital vertical. Campo 1. Arranca Campo 1. Finaliza Campo 2. Arranca Campo 2. Finaliza	Línea de TV 1 10 264 273		Línea de TV 624 5 311 317
Datos entre los interv. de blanking vertical.	Consiste en una representación digital de una señal analógica.		
SC a horizontal. Fase de tiempo de sinc (SCH).	0 Grados		

Tabla 2. Parámetros principales de la codificación de la señal de video compuesta.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

Fsp: Frecuencia de la subportadora de color.

La estructura de muestreo a 4 fsp es distinta en NTSC que en PAL.

En NTSC, la frecuencia de muestreo es un número entero de la frecuencia de línea. En este caso la estructura de muestreo es ortogonal. O sea las muestras se encuentran en la misma posición en todas las líneas. Esto se repite en todos los campos y cuadros.

En PAL, la frecuencia de muestreo no es un número entero de la frecuencia horizontal. En este caso la estructura no es ortogonal. Esto significa que las muestras están desplazadas en cada línea.

Además hay dos pixeles extras por campo o sea cuatro pixeles más por cuadro. En una línea total o completa (parte digital activa + período de retrazado), habrá 4/625 pixeles más.

2.10 Interfaces utilizadas.

A fin de compatibilizar la interconección de equipos analógicos y digitales, se utilizan hoy día una amplia variedad de interfaces.

Con la tecnología actual, estos equipos son transparentes y de excelente performance.

2.10.1 Decoder.

Este dispositivo convierte una señal de video compuesta (CCVS) a una señal SDI. En la Figura 2.24 se muestra un Decoder típico.

En este equipo, la señal interna es procesada a 10 bits. También existen Decoders que procesan internamente la señal en 8 y 12 bits. Pero la salida está siempre normalizada en 10 bits, que corresponde a una señal SDI de 270 Mbps, que es el estándar de Televisión Digital en el Estudio.

El Decoder representado en este ejemplo es binorma. Esto significa que cuando a la entrada tenemos una señal PAL B, la salida es SDI en el estándar 625/50. Si se cambia la norma de entrada a NTSC, la salida SDI en este caso corresponde al estándar 525/60.

Otro tipo de Decoder, es aquel que ingresamos en su entrada con señales por componentes analógicos (YCbCr) y a la salida tenemos una señal SDI.

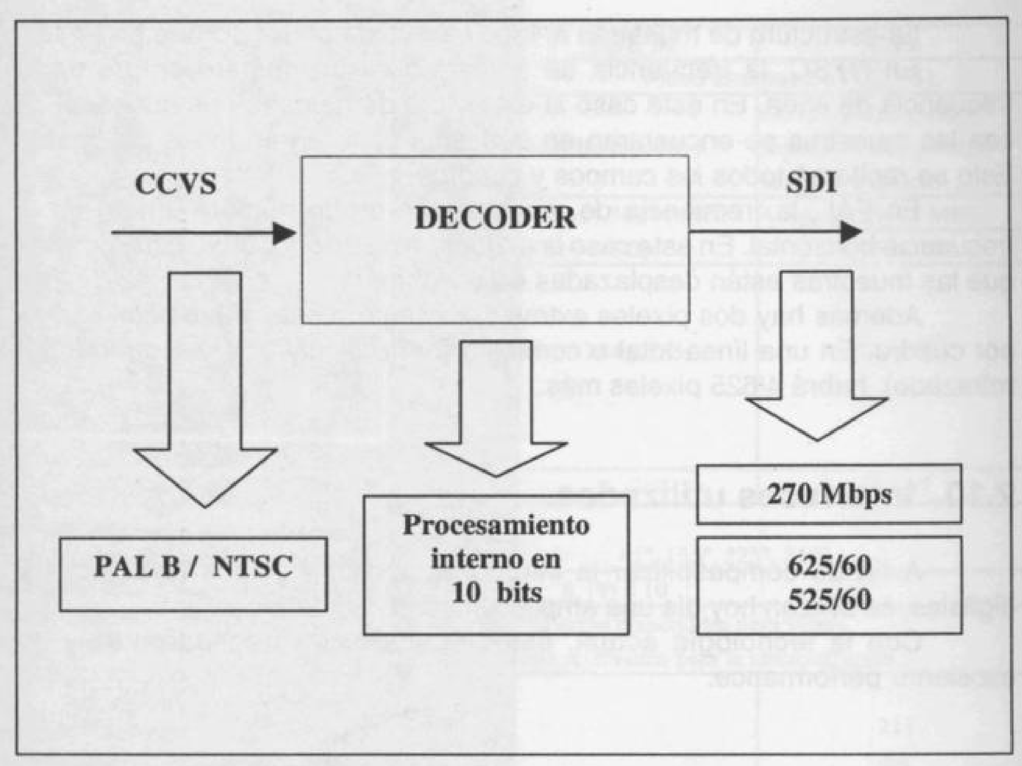


Figura 2.24. Esquema de un Decoder típico.

En la Figura 2.25, se ilustra el proceso interno de un Decoder por Componentes Analógicos a SDI, con un distribuidor a la salida.

Las señales (YCbCr) por componentes analógicos ingresan a cada uno de los Filtros Pasa Bajos.

El camino de luminancia está compuesto por un Filtro Pasa Bajos de 5,75 MHz y un Conversor A/D de luminancia. A la salida de este tenemos un tren de datos de 13,5 Mega muestras/Seg.

La señal Cb (diferencia al azul), pasa por un Filtro Pasa Bajo de 2,75 MHz y la salida de este filtro es conectada a un Conversor A/D. A la salida de este tenemos un tren de datos de 6,75 Mega muestras/Seg.

Por último, la señal Cr es conectada a la entrada de un Filtro Pasa Bajo de 2,75 MHz, y luego ingresa a un Conversor A/D. A la salida de este también tenemos un tren de datos de 6,75 Mega muestras/Seg.

Las tres señales obtenidas son multiplexadas a 27 Mega muestras/ Seg. A la salida del Múltiplex se obtiene la señal SDI. Esta señal es conectada a la entrada de un Distribuidor SDI que tiene seis salidas.

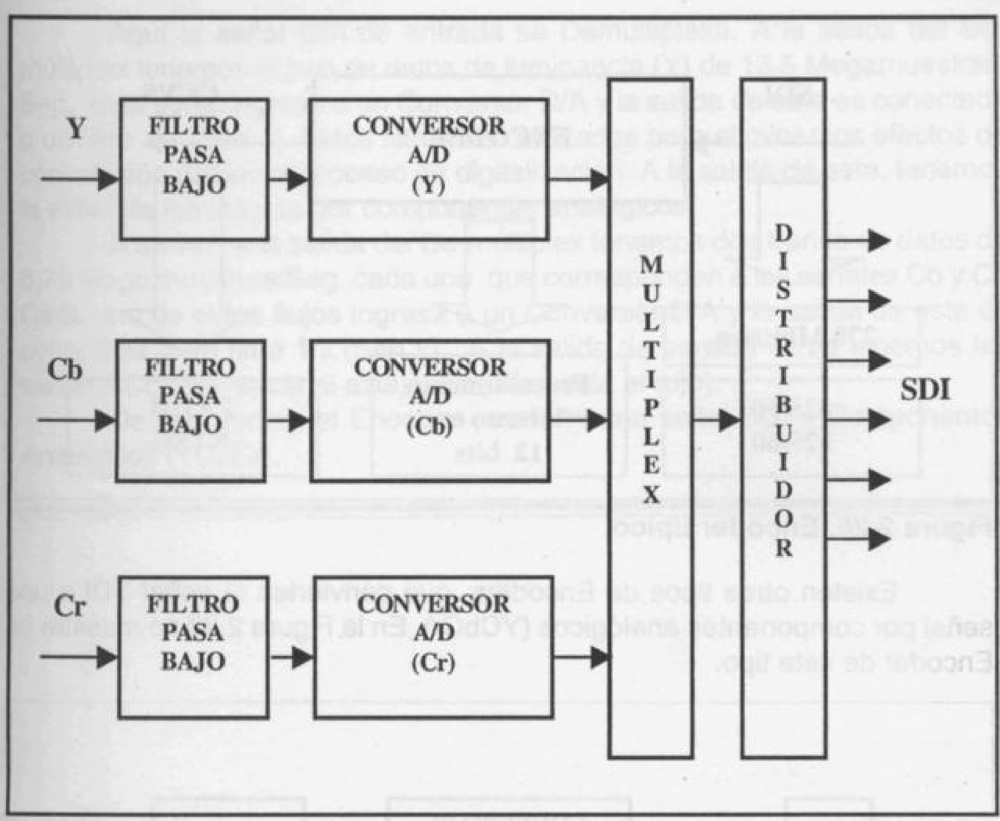


Figura 2.25. Decoder de componentes analógicos a SDI - 4:2:2.

2.10.2 Encoder.

El Encoder es un dispositivo que convierte una señal SDI a una señal de video compuesta (CCVS). También, para este caso hay Encoders que procesan internamente la señal en 8, 10 y 12 bits.

En la Figura 2.26 se representa un Encoder típico. En este caso, el procesamiento interno de la señal es de 12 bits. La señal a la entrada es SDI en 625/50 ó 525/60 y a la salida tenemos la señal de video compuesta que puede ser PAL B ó NTSC.

Cuando ingresamos a la entrada con una señal SDI en 625/50, a la salida tenemos una señal de video compuesta en PAL B. En cambio, cuando ingresamos a su entrada con una señal SDI en 525/60, a la salida tenemos una señal de video compuesta en NTSC.

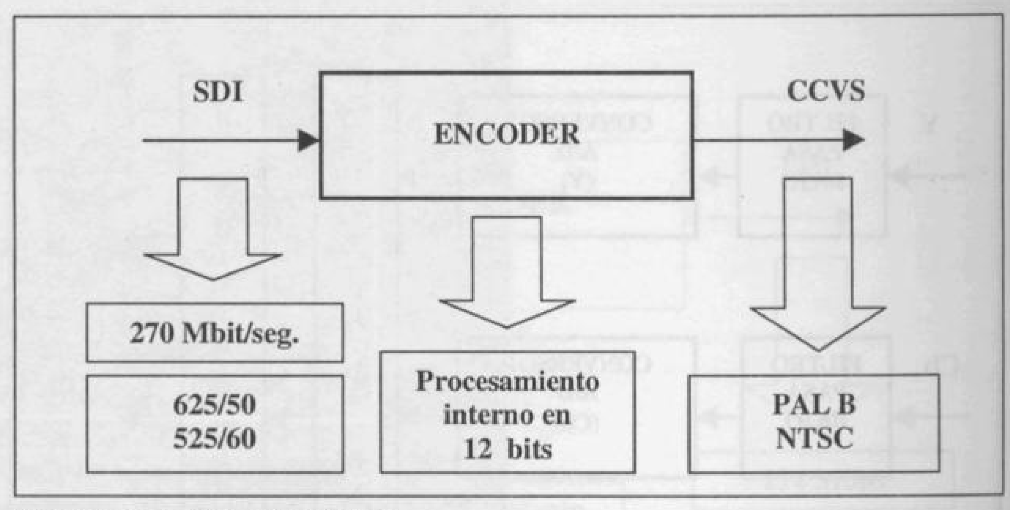


Figura 2.26. Encoder típico.

Existen otros tipos de Encoders que convierten la señal SDI a una señal por componentes analógicos (YCbCr). En la Figura 2.27 se muestra un Encoder de este tipo.

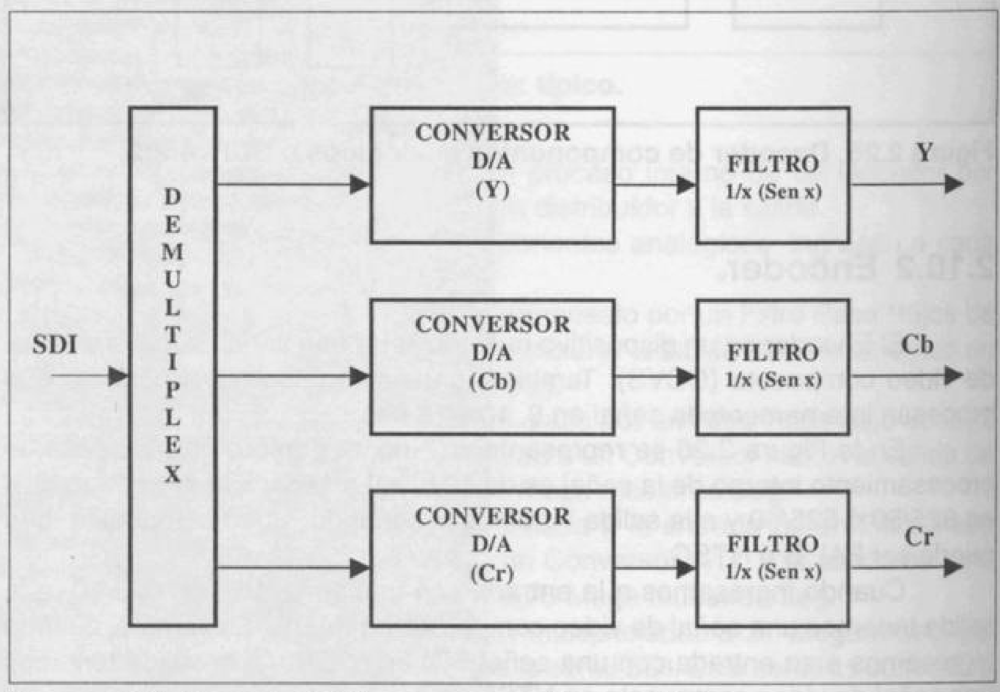


Figura 2.27. Encoder SDI a componentes analógicos.

Aquí la señal SDI de entrada se Demultiplexa. A la salida del De-múltiplex tenemos el tren de datos de luminancia (Y) de 13,5 Megamuestras/Seg. Esta señal ingresa a un Conversor D/A y la salida de este es conectada a un filtro 1/x.(Sen x). Estos filtros son utilizados para eliminar los efectos de convolución debido al proceso de digitalización. A la salida de este, tenemos la señal de luminancia por componentes analógicos.

A su vez, a la salida del De-múltiplex tenemos dos trenes de datos de 6,75 Mega muestras/Seg. cada uno que corresponden a las señales Cb y Cr. Cada uno de estos flujos ingresa a un Conversor D/A y la salida de este es conectada a un filtro 1/x.(Sen x). A la salida de sendos filtros tenemos las señales Cb (diferencia al azul) y Cr (diferencia al rojo).

De esta forma, el Encoder convierte una señal SDI a Componentes Analógicos (YCbCr).

Capítulo 3

La señal de Video Digital

3

LA SEÑAL DE VIDEO DIGITAL

3.1 Introducción.

En el capítulo anterior, se analizó el proceso de digitalización de la señal de video. Hemos visto que, para convertir una señal analógica a digital, es necesario cumplir dos procesos básicos que son; muestreo y cuantificación.

El proceso inverso de conversión de una señal digital a analógica, es realizado por el Conversor D/A (Digital / Analógico).

3.2 Tipos de señales de video digital.

Existen dos tipos de señales de video digital. La primera de ellas se denomina SDI (Serial Digital Interface) y es una señal de bits serie. Esta señal es transportada por un solo cable coaxial, siendo la impedancia característica del mismo de 75 Ohms. El conector utilizado es el BNC.

La segunda señal es la de bits paralelo y es transportada mediante pares de cables balanceados. Estos tienen una impedancia característica de 110 Ohms. El conector utilizado es del tipo DB 25.

Ambas señales, la de bits serie y paralelo, tienen un formato o estructura en común. Aunque la señal más utilizada hoy día es la de bits serie (SDI), analizaremos primero los parámetros comunes a ambos tipos de señales y luego cada una de ellas en particular.

3.2.1 Parámetros y características comunes a las señales digitales de bits serie y paralelo.

El flujo o tren de datos digital se transmite en el siguiente orden de muestras:

Cb, Y, Cr, Y, Cb, Y, Cr . . .

Este flujo es multiplexado a 27 MHz y cada una de las muestras es cuantificada a 10 bits.

Cada muestra posee tres componentes que son; luminancia (Y) que está co-situada con Cb y Cr. Las tres muestras superpuestas representan cada pixel.

En el tren de datos la primer muestra está formada por las componentes Cb, Y y Cr.

Continuando con el orden de las muestras, en el tren multiplexado tenemos la muestra de luminancia (Y) que corresponde al segundo pixel de muestra. Aquí solo se muestrea luminancia, debido a que estamos muestreando con una estructura 4:2:2. A continuación, nuevamente se repite la primer secuencia y así sucesivamente.

En el Capítulo 2, hemos visto que en la estructura 4:2:2 se muestrean 720 pixeles (muestras) de luminancia por línea activa. A su vez, se muestrean 360 pixeles (muestras) de cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr, también por línea activa.

En total tenemos 1440 muestras por línea activa. Por cada una de estas líneas, las 720 muestras de luminancia (Y) se numeran de 0 a 719 y las 360 muestras de cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr, se numeran de 0 a 359.

En la Figura 3.1 se representan las primeras cuatro muestras de la línea activa digital y el orden de las mismas en el tren de datos.

La primer muestra en el tren de datos identificada con el número 0, corresponde a las tres componentes superpuestas o co-situadas Cb, Y y Cr.

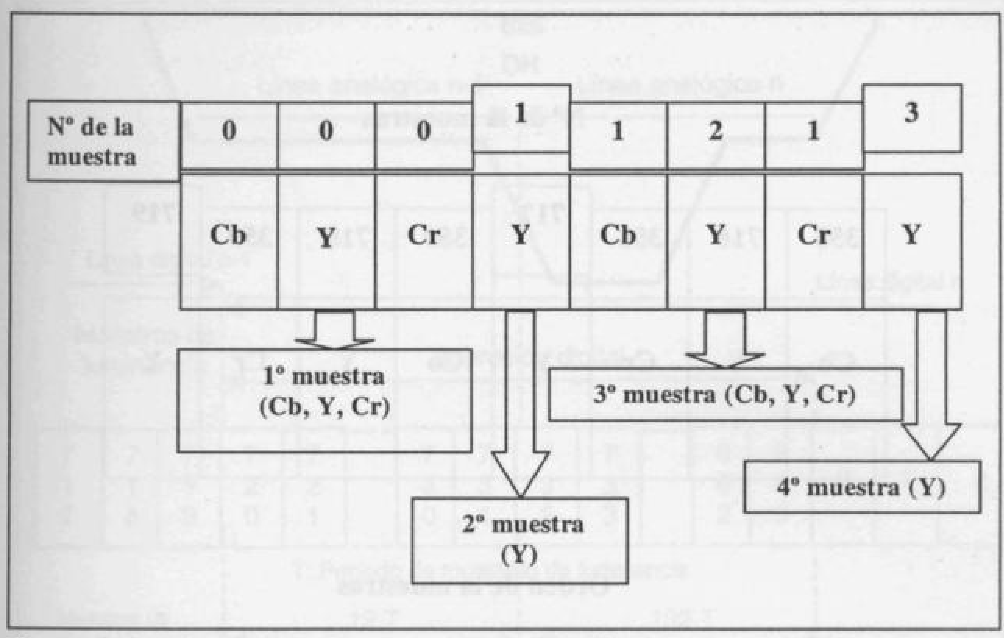


Figura 3.1. Primeras cuatro muestras de la línea activa digital y el orden de las muestras en el tren de datos.

A continuación, en el tren de datos tenemos la segunda muestra de la línea activa, que es la de luminancia (Y). Esta está identificada con el número 1 en la Figura 3.1.

Luego, se repite la secuencia como al principio o sea (Cb, Y, Cr), que corresponden a la tercera muestra identificada con el número 1 (Cb y Cr) e identificada con el numero 2 tenemos la muestra (Y).

A continuación, tenemos la muestra de luminancia (Y) solamente, que corresponde a la cuarta muestra y está identificada en la Figura con el número 3 y así sucesivamente. De esta forma, se va multiplexando el tren de datos.

Las últimas muestras de la línea activa digital se representan en la Figura 3.2. Debido a que la estructura de muestreo es 4:2:2, la última muestra (719) es muestreada solo en luminancia. En la muestra anterior se muestrea luminancia y ambas señales diferencia de color, por ende corresponde a Y (718), Cb (359 y Cr (359). La muestra (717) corresponde a luminancia (Y) solamente, la muestra anterior a luminancia (716), Cb (358) y Cr (358) y así sucesivamente.

Cada una de las muestras, en la estructura de datos de la señal multiplexada, está cuantificada a 10 bits por muestra de resolución.

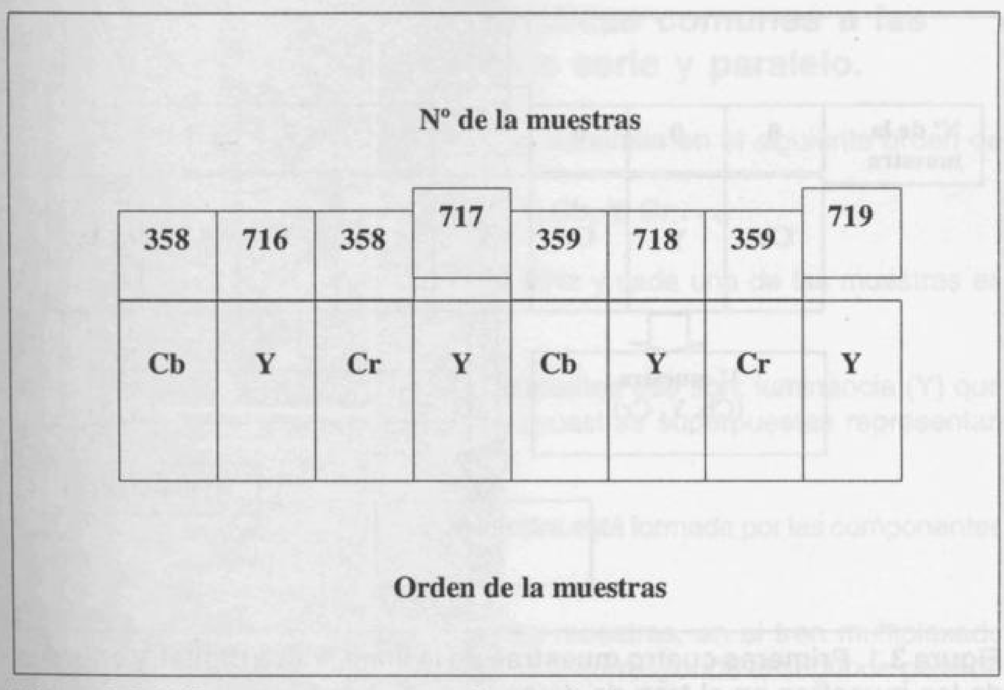


Figura 3.2. Ultimas muestras en el tren de datos.

3.2.2 Relación entre la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo.

La relación entre la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo, para las relaciones de aspecto 4:3 y 16:9 se muestran en la Figura 3.3. Esta relación corresponde al estándar 625/50, para una frecuencia de muestreo de luminancia de 13,5 MHz.

La supresión de la línea digital, comienza con la muestra (720) de luminancia y finaliza en la muestra (863). Recordemos que se muestrean por línea total 864 muestras de luminancia, numeradas de 0 a 863.

Para ambas señales diferencia de color Cb y Cr, la línea activa digital comienza con la muestra número 0 hasta la 359.

La supresión de la línea digital para Cb y Cr comienza con las muestras (360) y finaliza con las muestras (431).

Por línea completa (línea activa digital más el retrazado), se muestrean 432 muestras para cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr. Estas muestras se numeran de 0 a 431.

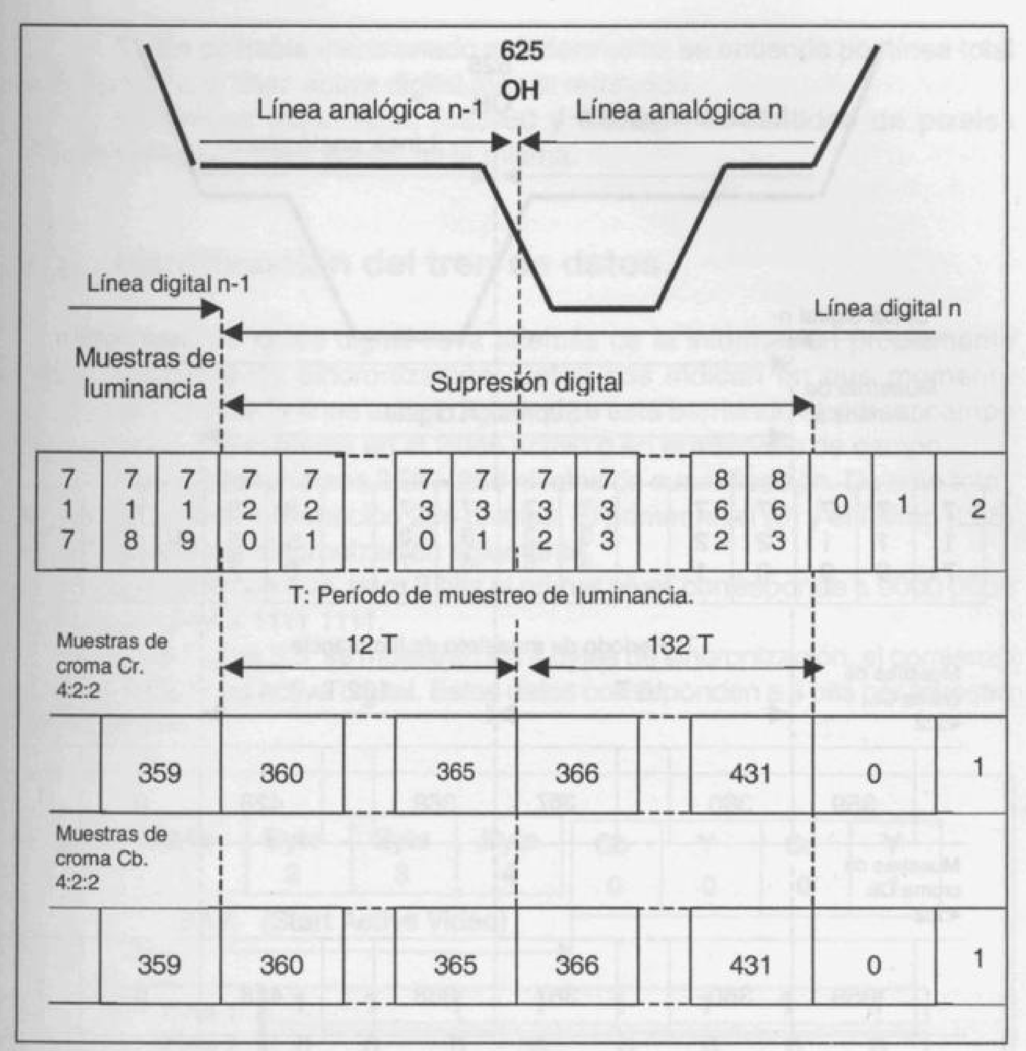


Figura 3.3. Relación entre la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo. Esta corresponde para 625/50 y una frecuencia de muestreo de 13,5 MHz para la señal de luminancia.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

La misma relación, pero para el estándar 525/60 e igual frecuencia de muestreo de 13,5 MHz para la señal de luminancia, es representada en la Figura 3.4.

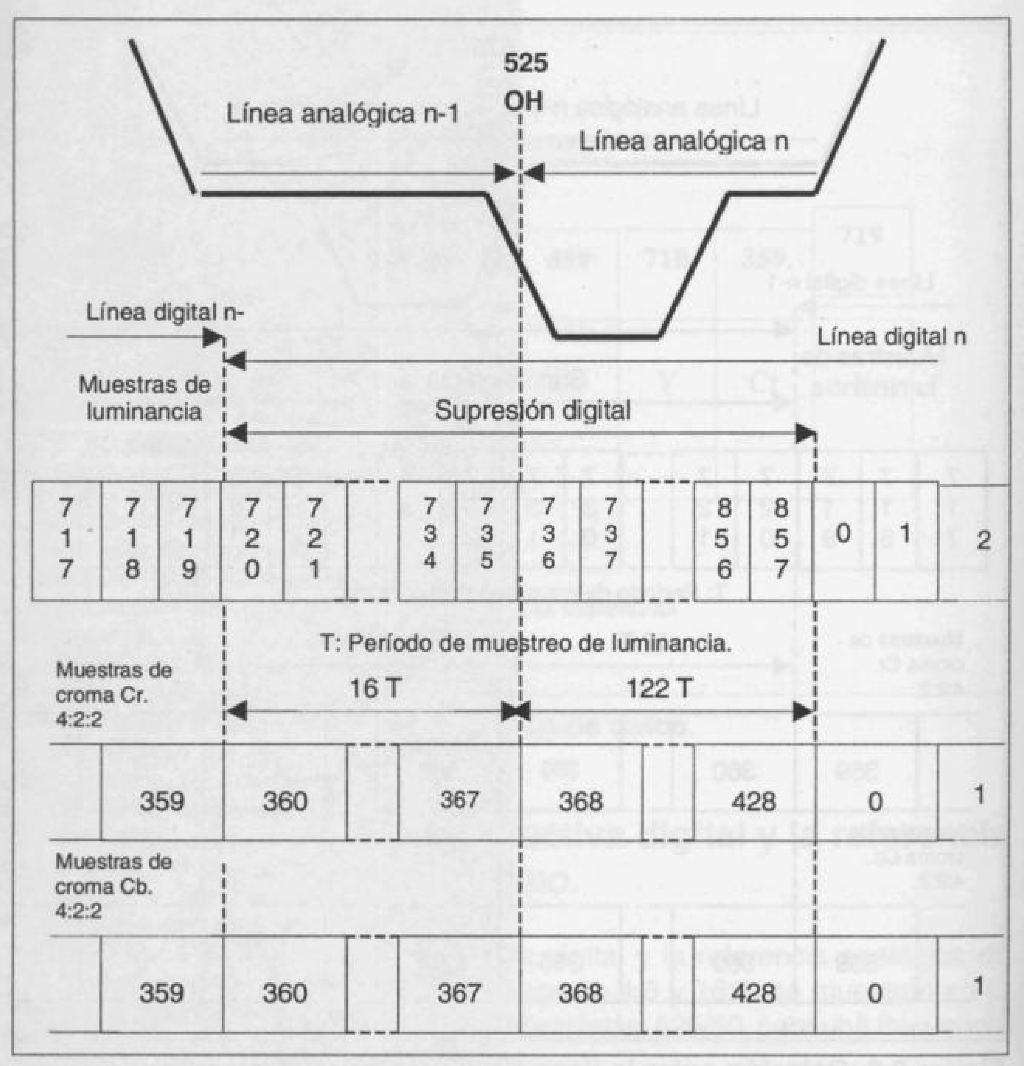


Figura 3.4. Relación entre la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo. Esta corresponde para 525/60 y una frecuencia de muestreo de 13,5 MHz para la señal de luminancia.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

Aquí, la cantidad de muestras de luminancia por cada línea completa o total es de 858, numeradas de 0 a 857. La cantidad de muestras por cada línea completa, de cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr es de 429 muestras y son numeradas de 0 a 428.

Como se había mencionado anteriormente, se entiende por línea total o completa a la línea activa digital más el retrazado.

En ambos estándares (525/60 y 625/50), la cantidad de pixeles muestreados por línea activa es la misma.

3.3 Identificación del tren de datos.

El tren de datos digital lleva además de la información propiamente dicha, los datos de sincronización. Estos nos indican en que momento comienza y finaliza la línea activa digital, si se está barriendo el primer campo o el segundo y si estamos en el video activo o en el intervalo de campo.

Para 8 bits tenemos 2E8 = 256 niveles de cuantificación. De este total, se utilizan para la información 254 niveles. El primer nivel (0) y el último (255) se utilizan para la sincronización solamente.

Recordemos que para 8 bits el primer nivel corresponde a 0000 0000 y el último nivel a 1111 1111.

En la Figura 3.5 se muestran los 4 bytes de sincronización, al comienzo y al final de la línea activa digital. Estos datos corresponden a 8 bits por muestra de resolución.

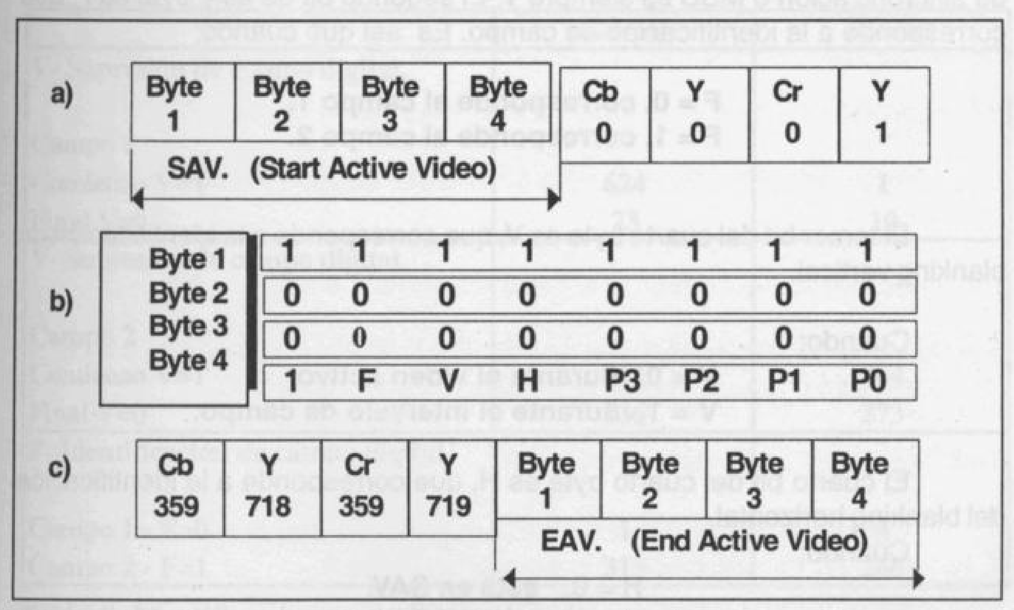


Figura 3.5. Estructura de los cuatro bytes de sincronización, para una cuantificación de 8 bits por muestra de resolución.

Los datos de sincronización agrupados en 4 bytes se envían al principio y al final de cada línea activa digital, ver Figura 3.5 a) y c).

En la parte a) de la Figura 3.5, se muestran los cuatro bytes al comienzo de la línea activa digital. Estos bytes corresponden al SAV (Start Active Video) o sea arranque de la línea activa.

En la parte b) de la Figura vemos que para una cuantificación de ocho bits, el primer byte tiene ocho unos. Luego viene el segundo byte con ocho ceros. A continuación, sigue el tercer byte con ocho ceros y finalmente tenemos el cuarto byte. El primer bit del cuarto byte es siempre 1. Este bit es el MSB o sea el bit más significativo. El segundo, tercero y cuarto bit son los bits de identificación y a continuación tenemos cuatro bits de paridad denominados P3, P2, P1 y P0. Estos bits se utilizan para detectar y corregir errores.

En la parte c) de la misma Figura, se muestran los cuatro bytes de sincronización al final de la línea activa. Estos están representados como EAV (End Active Video) o sea fin de la línea activa.

Aquí podemos apreciar que el primer byte de sincronización arranca justo después de la muestra (719) de luminancia. Esta es la última muestra de la línea activa. Recordemos que se muestrean 720 pixeles de luminancia por línea activa digital y se numeran de 0 a 719.

Volvamos al cuarto byte de sincronización. El primer bit del cuarto byte de sincronización o MSB es siempre 1. El segundo bit de este byte es F que corresponde a la identificación de campo. Es así que cuando:

F = 0, corresponde al campo 1.
F = 1, corresponde al campo 2.

El tercer bit del cuarto byte es V, que corresponde a la identificación de blanking vertical.

Cuando;

V = 0, durante el video activo.
V = 1, durante el intervalo de campo.

El cuarto bit del cuarto byte es H, que corresponde a la identificación del blanking horizontal.

Cuando;

H = 0, está en SAV.
H = 1, esta en EAV.

En la Tabla 1 se muestran los intervalos de supresión de campo digital, para los estándares 625/50 y 525/60.

Analizaremos los distintos estados que toman V y F en ambos estándares.

Para 625/50, el intervalo de supresión del campo 1, comienza en la línea 624, donde V=1. El intervalo de este campo finaliza en la línea 23, siendo ahora V=0.

El intervalo para el campo 2, comienza en la línea 311 para V=1 y finaliza en la línea 336, para V=0.

Para 525/60, el intervalo de supresión del campo 1 digital, comienza en la línea 1, cuando V=1 y finaliza en la línea 10, para V=0.

El intervalo del campo 2, comienza en la línea 264 cuando V=1 y finaliza en la línea 273 para V=0.

La identificación F, con sus dos estados, nos indica en que línea comienza el campo digital 1 ó el 2.

Para 625/50, cuando F=0, nos indica que estamos en el campo 1 y comienza en la línea 1. En cambio, cuando F=1, significa que comienza el campo 2 con la línea 313.

Para 525/60, cuando F=0, nos indica que comienza el campo 1 con la línea 4. Cuando F=1 nos indica que comienza el campo 2 con la línea 266.

	625/50	525/60
V- Supresión de campo digital.		
Campo 1		
Comienzo V=1	**624**	**1**
Final V=0	**23**	**10**
V- Supresión de campo digital.		
Campo 2		
Comienzo V=1	**311**	**264**
Final V=0	**336**	**273**
F- Identificación de campo digital.		
Campo 1 - F=0	**1**	**4**
Campo 2 - F=1	**313**	**266**

Tabla 1. Identificaciones de intervalos de campos.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union.

Nota 1: Las señales F y V, cambian de estado en sincronismo con el código de referencia de temporización EAV (End of Active Video) – fin del video activo, al comienzo de la línea digital.

Nota 2: La definición de los números de línea figuran en la Recomendación ITU-R.BT.470. Obsérvese que, el número de línea digital cambia de estado antes de OH, como se describe en la Recomendación ITU-R. BT. 601.

Las distintas configuraciones, que pueden tomar las identificaciones F, V y H para 8 bits con los bits de protección, se ilustran en la Tabla 2.

Referencia	F	V	H	P3	P2	P1	P0
A	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	1	1	1	0	1
C	0	1	0	1	0	1	1
D	0	1	1	0	1	1	0
E	1	0	0	0	1	1	1
F	1	0	1	1	0	1	0
G	1	1	0	1	1	0	0
H	1	1	1	0	0	0	1

Tabla 2. Distintas configuraciones que pueden tomar las identificaciones F, V y H para 8 bits con los bits de protección.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

Analicemos la referencia (C) de la Tabla 2, para 625/50. En este caso tenemos;

F=0. Nos indica que comienza el campo 1 en la línea 1.

V=1. Nos indica la supresión del campo digital. Para el campo 1 comienza en la línea 624 y para el campo 2 comienza con la línea 311.

H=0. Nos indica que estamos en el SAV.

Para cada uno de los ocho estados posibles, que pueden tomar F, V y H, tenemos los bits de protección correspondientes.

En la Tabla 3 se muestrean las distintas configuraciones que pueden tomar F, V y H.

	F	V	H
A	Campo 1	Video activo	Arranque video activo. SAV
B	Campo 1	Video activo	Fin video activo EAV
C	Campo 1	Intervalo de campo	Arranque video activo. SAV
D	Campo 1	Intervalo de campo	Fin video activo EAV
E	Campo 2	Video activo	Arranque video activo. SAV
F	Campo 2	Video activo	Fin video activo EAV
G	Campo 2	Intervalo de campo	Arranque video activo. SAV
H	Campo 2	Intervalo de campo	Fin video activo EAV

Tabla 3. Análisis de las distintas configuraciones que pueden tomar F, V y H.

Las palabras de sincronización en 10 bits se muestran en la Figura 3.6.

El SAV está compuesto por cuatro palabras. La primera de ellas tiene diez unos.

La segunda y tercera palabra están compuestas por diez ceros cada una.

A continuación viene la cuarta palabra y el primer bit de esta es siempre un "1".

Luego vienen las identificaciones F, V y H y a continuación los cuatro bits de paridad. El noveno y decimo bits corresponden a "00".

El EAV está compuesto por cuatro palabras que van al final del bloque de datos.

La última muestra es la de luminancia (719) y a continuación viene el EAV.

SAV. (Start Active Video).

Palabra 1	Palabra 2	Palabra 3	Palabra 4	Cb 0	Y 0	Cr 0	Y 1

Palabra 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Palabra 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Palabra 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Palabra 4	1	F	V	H	P3	P2	P1	P0	0	0

Cb 359	Y 718	Cr 359	Y 719	Palabra 1	Palabra 2	Palabra 3	Palabra 4

EAV. (End Active Video).

Figura 3.6. Las cuatro palabras para la sincronización en 10 bits.

3.4 Tiempos de la señal digital.

El multiplexado de la señal digital es de 27 Mega-muestras/seg. El período T (período de clock) tiene una duración de:

T = 1/27 MHz = 37 nanoSeg.

Los distintos períodos (T) de la señal digital en los estándares 625/50 y 525/60, están indicados en la Tabla 4.

Cada período T corresponde a 37 nanoSeg. de clock.

La línea activa digital en la estructura 4:2:2, es un bloque que contiene 1440 palabras de datos de video multiplexado.

Señal Digital	625/50	525/60
Línea activa	1440 T	1440 T
Línea inactiva	288 T	276 T
Línea total	1728 T	1716 T
EAV	4 T	4 T
SAV	4 T	4 T

Tabla 4: Relaciones de tiempos de la señal digital para 625/50 y 525/60.

El bloque de datos de video de la señal digital está representado en la Figura 3.7. Los períodos de la línea activa digital del SAV y EAV son iguales para 625/50 y 525/60.

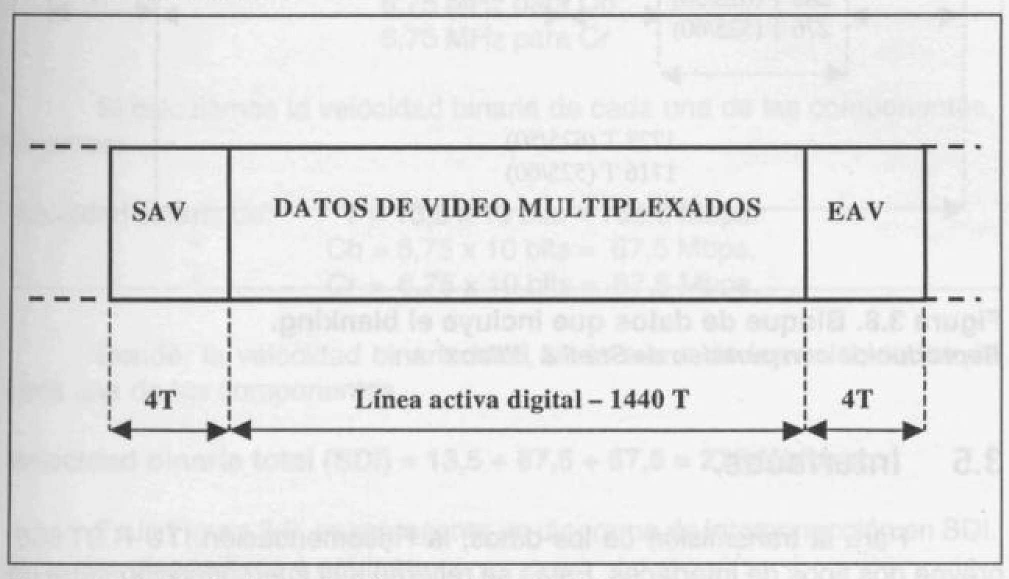


Figura 3.7. Período de la línea activa digital.

En la Figura, podemos observar que la línea activa digital está compuesta por 1440 períodos de muestras. El SAV y el EAV están compuestos por cuatro períodos cada uno.

Una representación más completa donde se incluye el blanking de datos, se muestra en la Figura 3.8.

Entre un EAV (End Active Video) y un SAV (Start Active Video), no se transmite información de video).

Existen dos referencias de tiempo en el bloque de datos. La primera de ellas es cuando comienza el SAV y la segunda cuando finaliza el EAV.

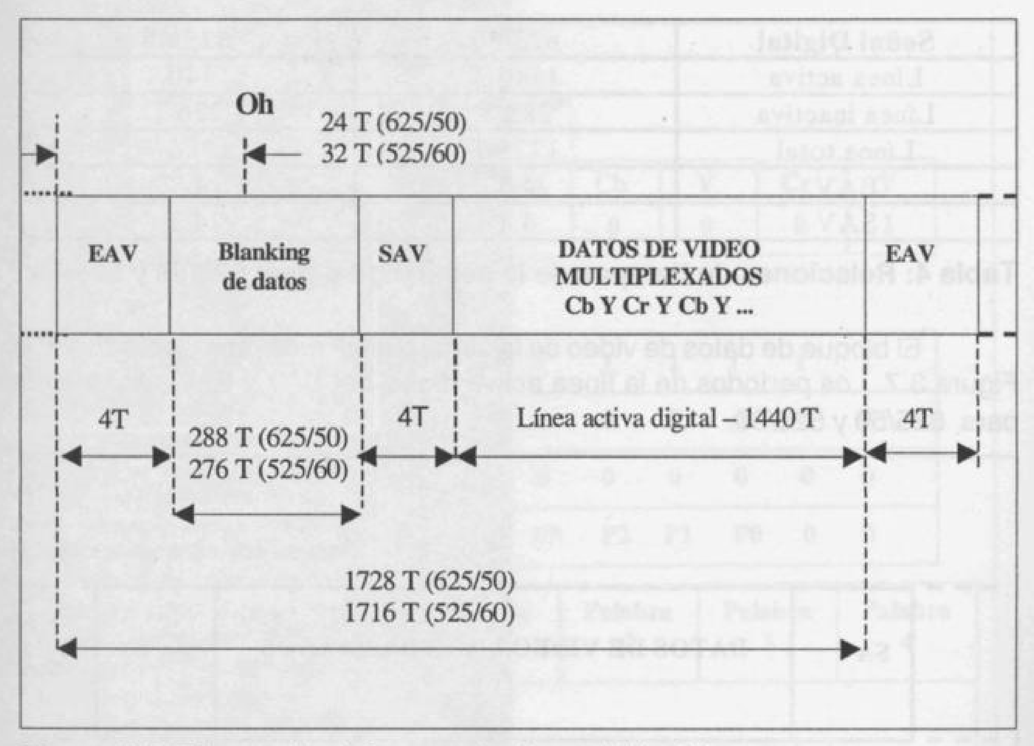


Figura 3.8. Bloque de datos que incluye el blanking.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

3.5 Interfaces.

Para la transmisión de los datos, la Recomendación ITU-R.BT.656 prevee dos tipos de interfaces. Estas se refieren a la interconección entre un equipo Emisor y uno Receptor.

La información de datos va codificada en forma binaria en palabras de 8 ó 10 bits.

Existen dos tipos de interfaces para la interconexión de equipos;

- Interfaz para bits serie. El tren de datos se transporta por un solo cable coaxial. Utiliza conector BNC.

- Interfaz para bits paralelo. El tren de datos se transporta mediante pares de cables. Utiliza conector tipo DB 25.

3.5.1 Interfaz para bits serie. Señal SDI.

Esta interfaz se refiere a la señal SDI 4:2:2 / 270 Mbit/Seg. Se la denomina SDI, o también 656 Serie.

La señal SDI ha sido digitalizada con una estructura de muestreo de 4:2:2 y se ha aplicado una cuantificación de 10 bits por muestra de resolución, resultando una velocidad binaria de 270 Mbps. En este tren de bits serie el clock viaja con el tren de datos.

En el Capitulo 2, hemos visto que en la estructura 4:2:2 la frecuencia de muestreo es:

13,5 MHz para Y
6,75 MHz para Cb
6,75 MHz para Cr

Si calculamos la velocidad binaria de cada una de las componentes, tenemos:

Velocidad binaria de: Y = 13,5 x 10 bits = 135,0 Mbps.
" " Cb = 6,75 x 10 bits = 67,5 Mbps.
" " Cr = 6,75 x 10 bits = 67,5 Mbps.

Donde, la velocidad binaria total, es la suma de las velocidades de cada una de las componentes.

Velocidad binaria total (SDI) = 13,5 + 67,5 + 67,5 = 270 Mbit/seg.

En la Figura 3.9 se representa un diagrama de interconección en SDI, entre dos dispositivos o equipos.

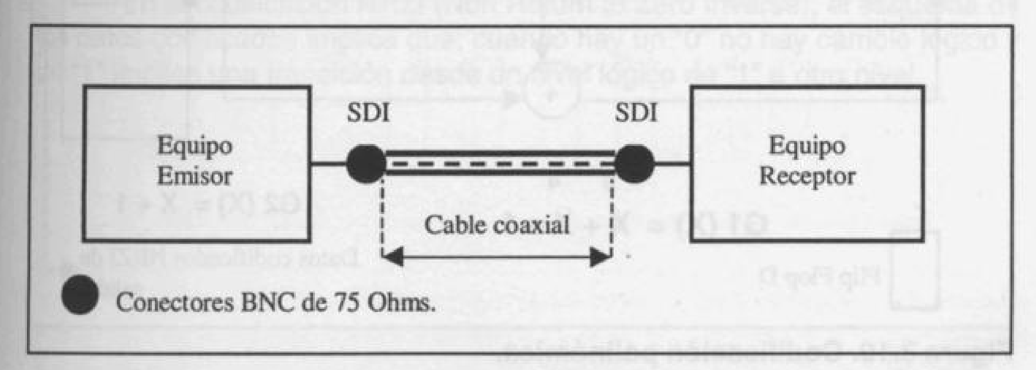


Figura 3.9. Diagrama de interconección en SDI de dos equipos.

3.6. Codificación de la señal SDI.

Los datos de la interfaz de bits serie se transmiten codificados en NRZI (Non Return To Zero Invert). Esta codificación, se efectúa mediante un polinomio que produce una codificación NRZI a partir de una codificación NRZ (Non Return to Zero).
El polinomio para NRZ es:

$$G1\,(X) = X^9 + X^4 + 1$$

Donde: X es el flujo de datos serie.

El polinomio para NRZI es: **G2 (X) = X + 1**

El polinomio G1 (X) está compuesto por nueve Flip Flops D, que constituyen un Registro de Desplazamiento.

El polinomio G2 (X) está constituido por un Flip Flop D realimentado. A este Flip Flop ingresan los datos NRZ y a la salida del mismo tenemos los datos en NRZI.

En la Figura 3.10 se representa el diagrama del Registro de Desplazamiento.

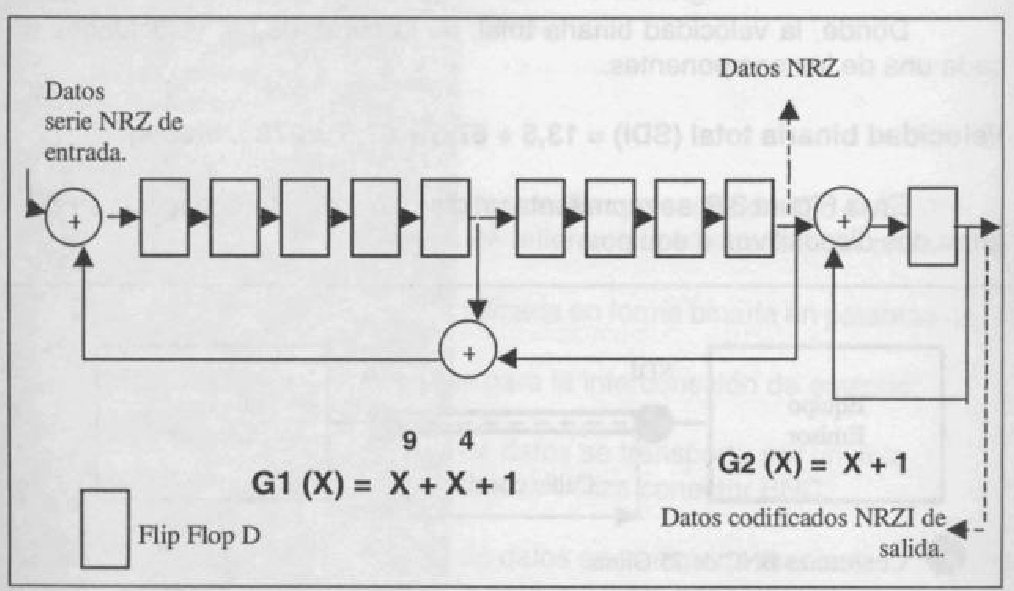


Figura 3.10. Codificación polinómica.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

Por cada bit de entrada, hay un bit de salida que es enviado al Flip Flop del Codificador. De esta manera, un bit de salida está determinado por el estado de los diez Flip Flops y el bit de entrada.

El polinomio G1 corresponde a los nueve Flip Flops D que componen el Registro de Desplazamiento, mientras que el polinomio G2 corresponde al décimo Flip Flop D.

La codificación NRZI hace que el tren de datos serie no tenga polaridad.

Para los sistemas de transmisión esto es fundamental pues no se requiere una cierta polaridad de la señal en el Receptor.

En NRZI, la transición de datos es utilizada para representar los unos "1" y no hay transición para los datos que son ceros "0". Esto implica que solo es necesario detectar las transiciones.

La señal codificada en NRZI es aquella que todos los "1" producen transiciones para todos los intervalos de clock y el resultado es una onda cuadrada de la mitad de la frecuencia del clock. En cambio, los "0" no producen transición.

En el dispositivo Receptor, la decodificación de los datos se efectúa exactamente a la inversa.

Los esquemas para NRZ y NRZI se muestran en la Figura 3.11.

En la codificación NRZ (Non Return to Zero) un "0" corresponde a un nivel bajo y un "1" corresponde a un nivel alto.

En la codificación NRZI (Non Return to Zero Inverse), el esquema de los datos codificados implica que; cuando hay un "0" no hay cambio lógico y un "1" implica una transición desde un nivel lógico de "1" a otro nivel.

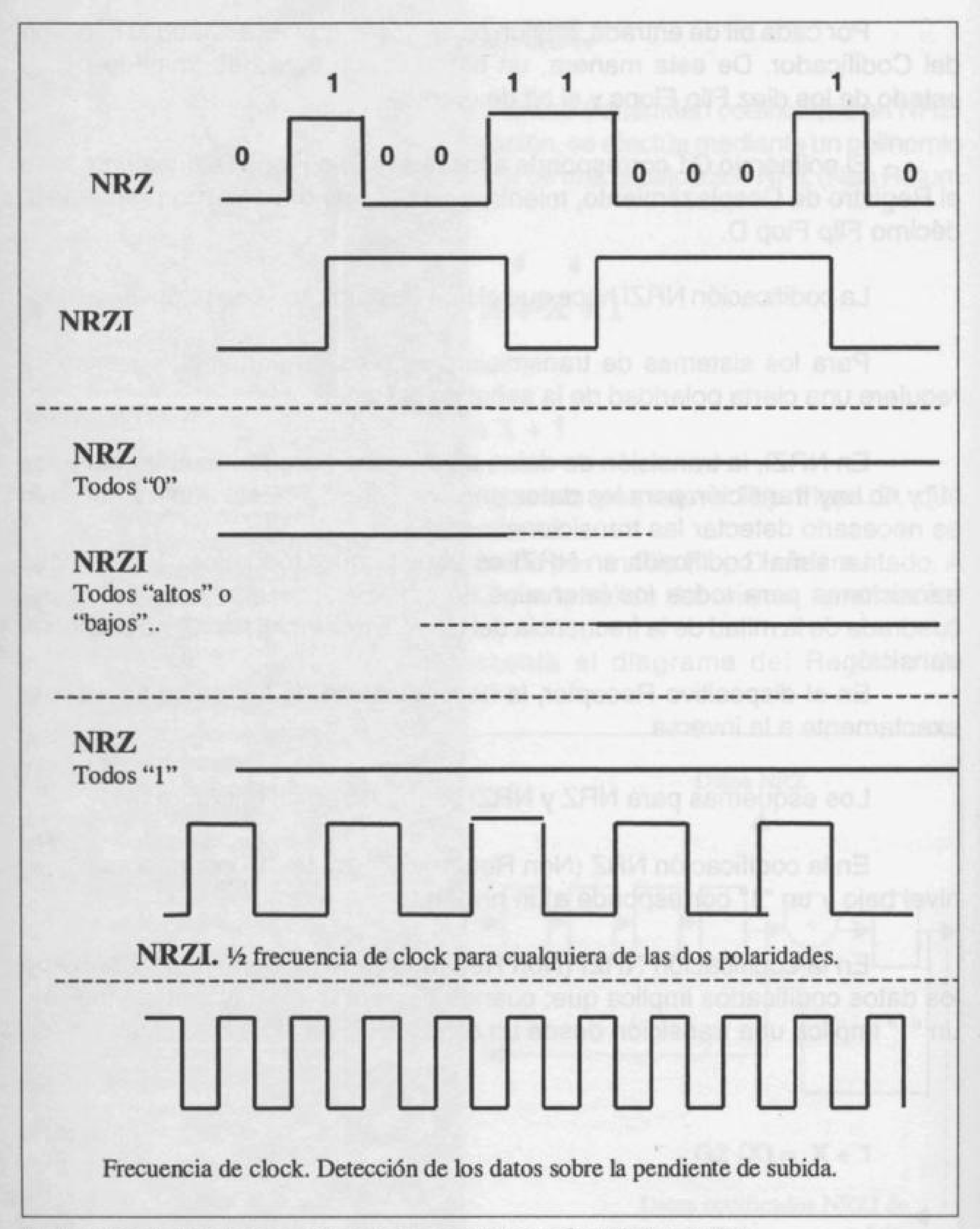


Figura 3.11. Relaciones para la codificación NRZ y NRZI.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

3.7 Señal de datos y clock.

Los datos se transmiten en forma codificada y en bloques. Cada uno de estos comprende una línea activa.

La señal de clock es una señal de onda cuadrada de 27 MHz.

En la Figura 3.12 se analiza una señal de datos y el pulso de clock. La duración de los pulsos se mide al 50% del valor de amplitud.

Período de clock: 1/27 MHz = 37 nanoSeg, para 625/50 y 525/60.
Ancho del pulso de clock: t = 18,5 nanoSeg. (+/- 3 nanoSeg).

O lo que es lo mismo:

Período del clock (625/50): T = 1 / 1728 FH = 37 nano Seg.
Período del clock (525/60): T = 1 / 1716 FH = 37 nano Seg.

FH es la frecuencia de barrido horizontal.

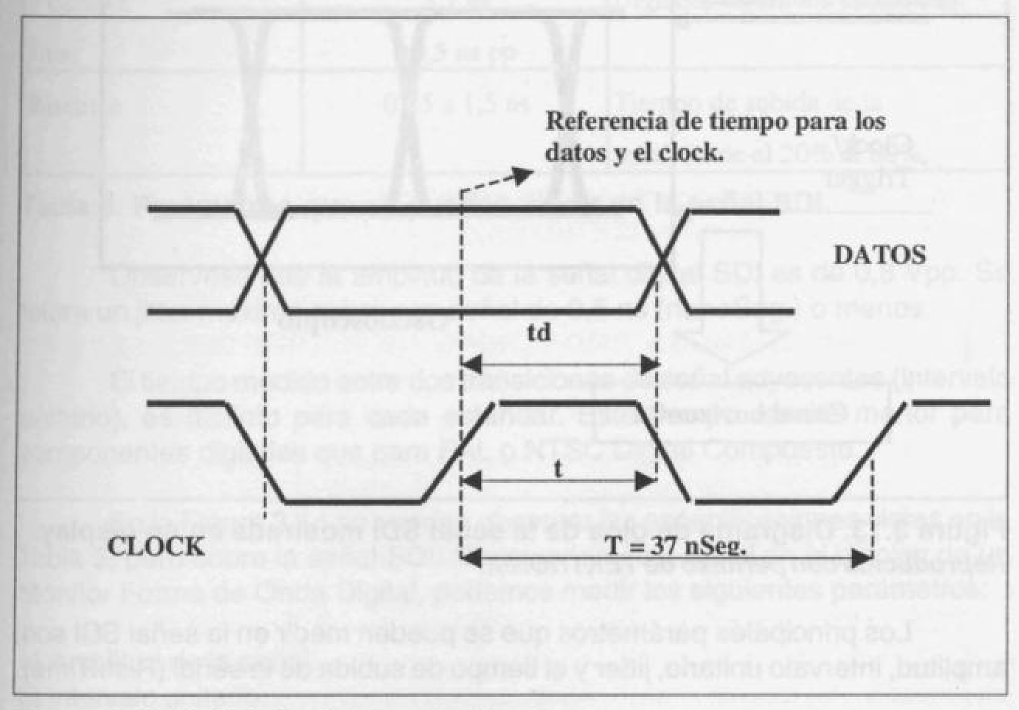


Figura 3.12. Señal de datos y clock.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

3.8 Medición de la señal SDI.

La señal SDI puede ser vista y medida en un osciloscopio digital. La forma de onda de esta señal es un diagrama de ojos.

En la Figura 3.13 podemos observar una señal SDI vista en el display del osciloscopio.

Por el canal vertical se ingresa con la señal SDI y por el canal horizontal con la señal de trigger o clock, a efectos de sincronizar la señal.

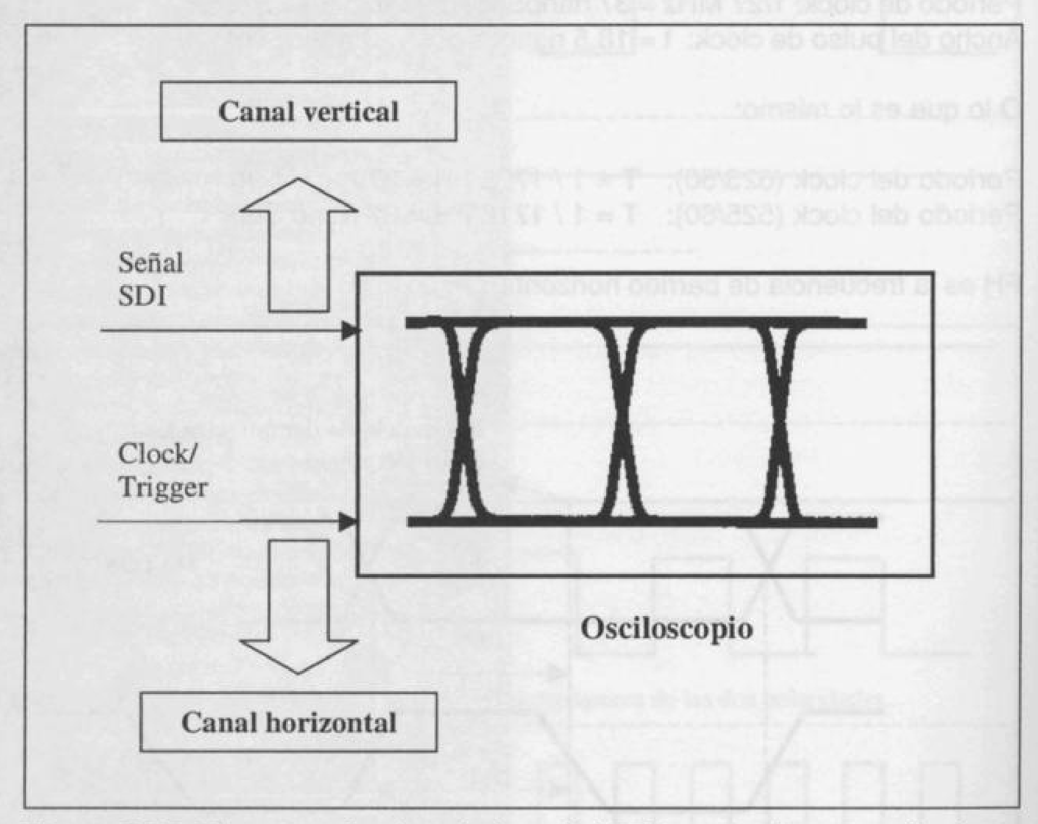


Figura 3.13. Diagrama de ojos de la señal SDI mostrada en un display.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

Los principales parámetros que se pueden medir en la señal SDI son: amplitud, intervalo unitario, jitter y el tiempo de subida de la señal (Rise Time).

En la Tabla 5 se analizan estos parámetros y sus especificaciones.

Parámetro	Especificación	Observaciones
Amplitud	0,8 Volts pp +/- 10%	
Intervalo unitario.		Tiempo medido entre dos transiciones de señal adyacentes.
NTSC	7 ns	Corresponde a NTSC Digital Compuesto.
PAL	5,6 ns	Corresponde a PAL Digital Compuesto.
Componentes 525/60 y 625/50.	3,7 ns	Corresponde a Componentes Digitales en ambos estándares.
Jitter	<0,5 ns pp	
Risetime	0,75 a 1,5 ns	Tiempo de subida de la señal desde el 20% al 80%.

Tabla 5. Parámetros que se pueden medir en la señal SDI.

Obsérvese que la amplitud de la señal digital SDI es de 0,8 Vpp. Se tolera un jitter máximo sobre esa señal de 0,5 ns (nanoSeg.) o menos.

El tiempo medido entre dos transiciones de señal adyacentes (intervalo unitario), es distinto para cada estándar. Este tiempo resulta menor para componentes digitales que para PAL o NTSC Digital Compuesto.

En la Figura 3.14 se pueden observar las especificaciones vistas en la Tabla 5, pero sobre la señal SDI. Observando esta señal en el display de un Monitor Forma de Onda Digital, podemos medir los siguientes parámetros:

a) Amplitud de la señal.
b) Intervalo unitario.
c) Jitter.
d) Rise time

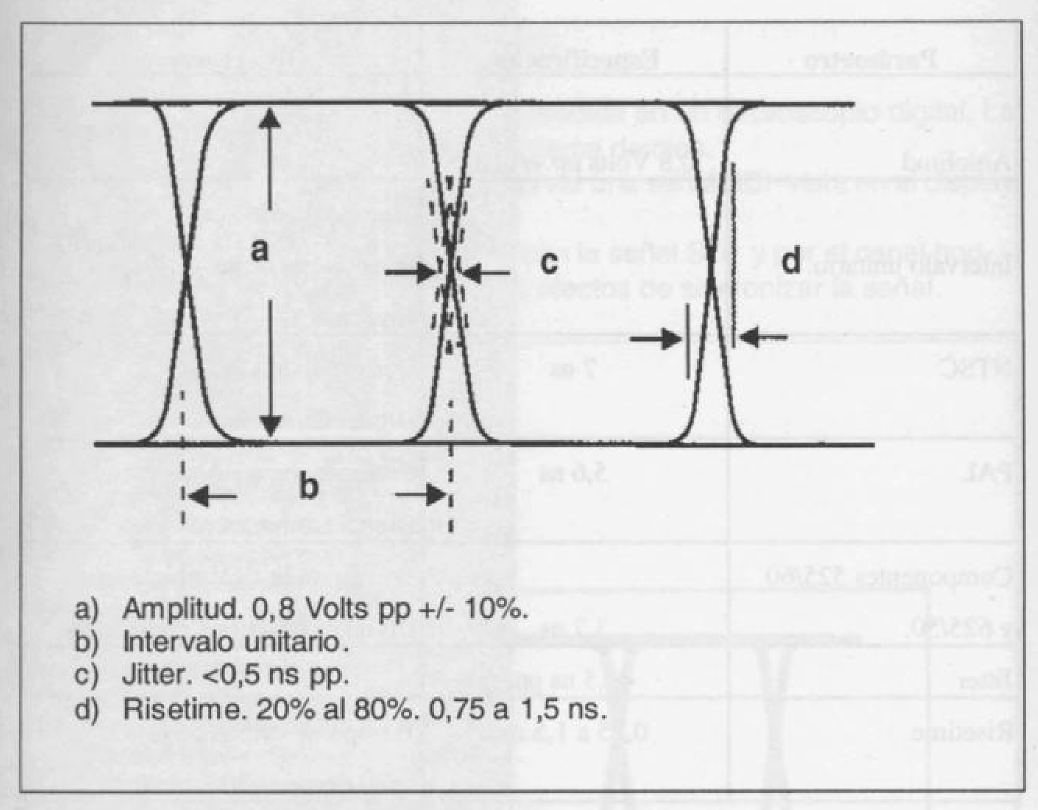


Figura 3.14. Especificaciones de la señal SDI.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

3.9 Características principales de la interfaz para bits serie (SDI).

En la Tabla 6 se muestran las características principales para la señal SDI, para el Emisor y el Receptor.

CARACTERISTICA	EMISOR	RECEPTOR
Transporte por un solo cable	Coaxial 75 Ohms	Coaxial 75 Ohms
Conector	BNC 75 Ohms	BNC 75 Ohms
Amplitud de la señal	800 mVpp	800 mVpp
Impedancia	75 Ohms	75 Ohms
Pérdidas de retorno	15 dB	15 dB

Tabla 6. Características principales de la señal de bits serie o SDI.

Como se observa en la Tabla 6 y se había mencionado más arriba, la señal SDI se transporta por un solo cable coaxial. Por ello, este cable debe ser de buena calidad. El 8281 de Belden es un excelente cable para video digital, debido a que tiene una alta performance a las frecuencias que son más críticas para esta señal. Además, posee doble malla, bajas pérdidas y un dieléctrico foam especialmente diseñado para señales digitales.

Utilizar grandes longitudes de cable, excediendo las especificaciones, implica no solo una atenuación de la señal, sino la aparición de jitter.

Volvamos ahora al concepto de Emisor y Receptor expuestos en la Tabla 6. Para ello, en la Figura 3.15 se muestra un simple diagrama de bloques.

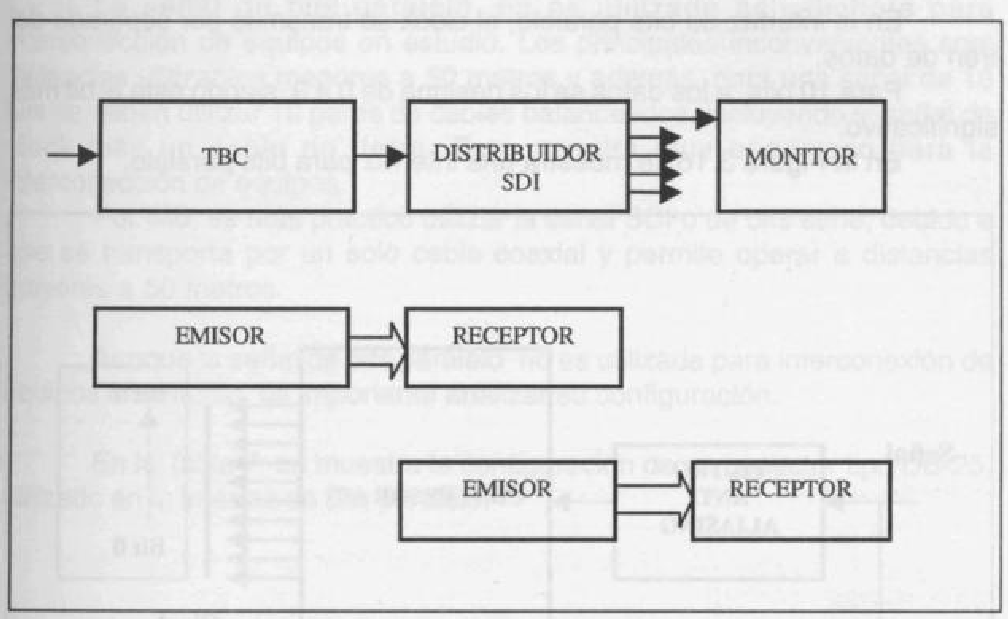


Figura 3.15. Caso práctico de un Emisor y un Receptor para el análisis de la interfaz.

El Corrector de Base de Tiempo (TBC) en este caso es el Emisor, pues su salida en SDI es la que se conecta a la entrada de otro equipo. La salida del Corrector de Base de Tiempo (TBC) se conecta al Distribuidor SDI, siendo este el Receptor. Pero este equipo también puede ser a la vez Emisor debido a que es conectado a un Monitor, siendo este último el Receptor.

Lo importante es que las entradas y salidas de los distintos equipos deben cumplir con las especificaciones de la Tabla 6. En esta, se indica como Emisor a las especificaciones de salida de los equipos y como Receptor a las especificaciones de entrada de los mismos.

3.10 Interfaz para bits paralelo.

Los bits de datos de esta interfaz. están definidos al igual que los datos serie en la recomendación ITU-R.BT.656. Se los denomina de bits paralelo ó 656 Paralelo.

Estos bits de datos se transmiten mediante ocho o diez pares de cables, dependiendo si el proceso de la cuantificación es de 8 ó 10 bits. Cada par de cables transporta un tren multiplexado de bits de cada una de las señales Cb, Y, Cr, Y, etc. A su vez, se transportan en el mismo tren de datos, señales de referencia y datos auxiliares.

En la interfaz de bits paralelo, el clock se transmite por separado del tren de datos.

Para 10 bits, a los datos se los designa de 0 a 9, siendo este el bit más significativo.

En la Figura 3.16 se muestra una interfaz para bits paralelo.

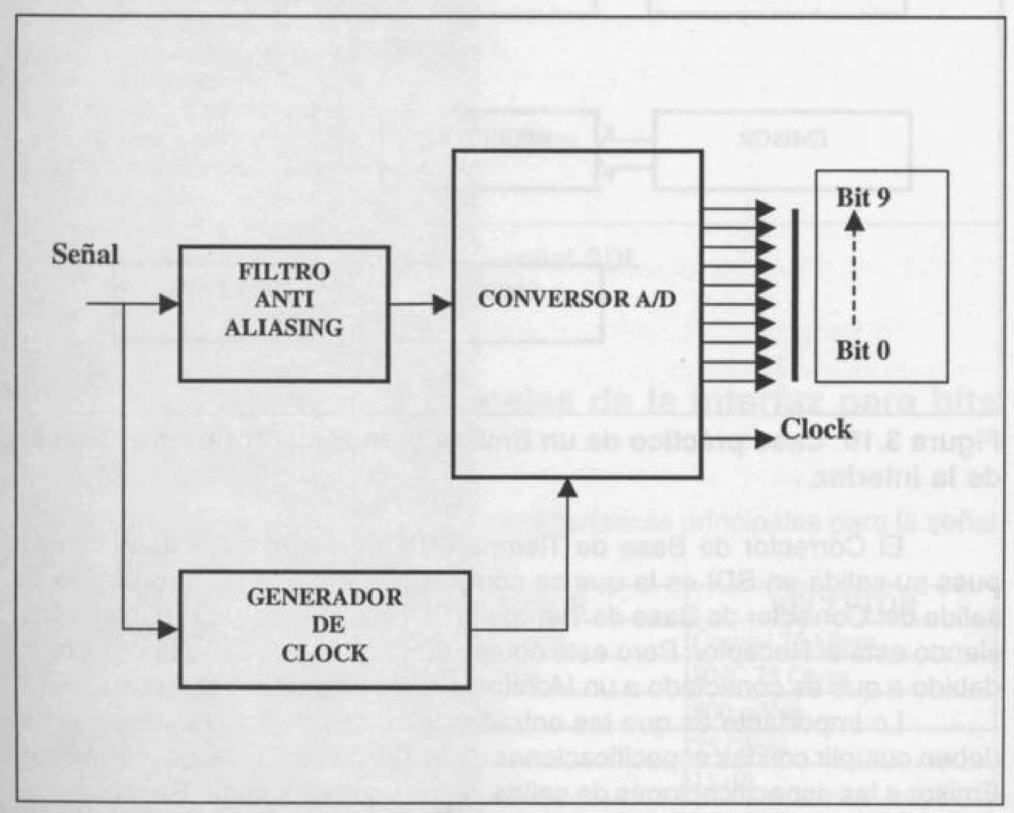


Figura 3.16. Conversor A/D con salida de bits paralelo.

La señal de entrada es conectada a un Filtro Pasa Bajo. Este filtro es denominado anti aliasing.

El Generador de clock separa el sincronismo de la señal de entrada y sincroniza el oscilador del Conversor A/D a los pulsos horizontales.

La señal a la salida del filtro anti aliasing es reducida en banda e ingresa al Conversor A/D. La salida de éste es un tren de bits paralelo más la señal de clock, que se transporta separada del tren de datos.

La señal de bits paralelo no es utilizada actualmente para interconección de equipos en estudio. Los principales inconvenientes son; distancias utilizables menores a 50 metros y además para una señal de 10 bits se deben utilizar 12 pares de cables balanceados, incluyendo la señal de clock más un cable de tierra. Esto resulta muy engorroso para la interconección de equipos.

Por ello, es más práctico utilizar la señal SDI o de bits serie, debido a que se transporta por un solo cable coaxial y permite operar a distancias mayores a 50 metros.

Aunque la señal de bits paralelo no es utilizada para interconexión de equipos en estudio, es importante analizar su configuración.

En la Tabla 7 se muestra la configuración de un conector tipo DB-25, utilizado en la interfaz de bits paralelo.

Número de pin del conector DB 25.	Tipo de señal asignada para 10 bits.
1	Clock
2	Tierra del sistema A
3	Datos 9 (MSB)
4	Datos 8
5	Datos 7
6	Datos 6
7	Datos 5
8	Datos 4
9	Datos 3
10	Datos 2
11	Datos 1
12	Datos 0
13	Blindaje del cable
14	Retorno de clock
15	Tierra del sistema B
16	Retorno de datos 9
17	Retorno de datos 8
18	Retorno de datos 7
19	Retorno de datos 6
20	Retorno de datos 5
21	Retorno de datos 4
22	Retorno de datos 3
23	Retorno de datos 2
24	Retorno de datos 1
25	Retorno de datos 0

Tabla 7. Conector DB 25 de 25 pines en la interfaz de bits paralelo, para 10 bits.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

3.10.1 Tipo de interconección de la interfaz de bits paralelo.

Las características principales de este tipo de interconección se muestran en la Tabla 8.

Emisor	
Parámetro	**Valor**
Impedancia de salida	110 Ohms
Amplitud de la señal	0,8 a 2 Vpp
Rise time y fall time	Menor a 5 ns medido entre el 20% y el 80% de la señal.
Receptor	
Parámetro	**Valor**
Impedancia de entrada	110 Ohms
Amplitud de la señal	0,8 a 2 Vpp
Nivel mínimo de la señal de entrada.	185 mV

Tabla 8. Características principales para la interconección de un equipo Emisor y uno Receptor, en la interfaz de bits paralelo.

La interconección de dos equipos en esta interfaz, se analiza en la Figura 3.17. Aquí se representa un equipo Emisor y uno Receptor, conectados mediante una línea de transmisión.

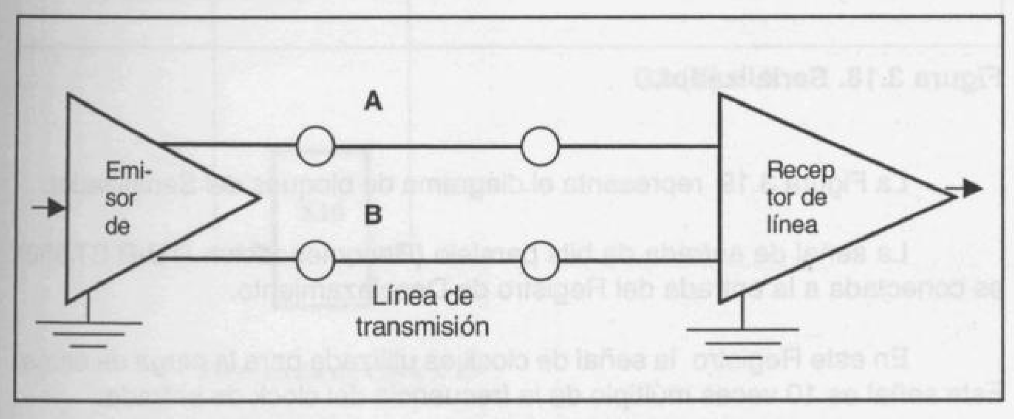


Figura 3.17. Interconexión de Emisor- Receptor en la interfaz de bits paralelo.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

3.11 Conversores de interfaces.

Cuando se quiere convertir una interfaz de bits serie a bits paralelo o viceversa, se utiliza un conversor de interfaz. Este es denominado Serializador o De-serializador.

3.11.1 Serializador.

Este dispositivo convierte una señal de la interfaz de bits paralelo a la interfaz de bits serie, ver Figura 3.18.

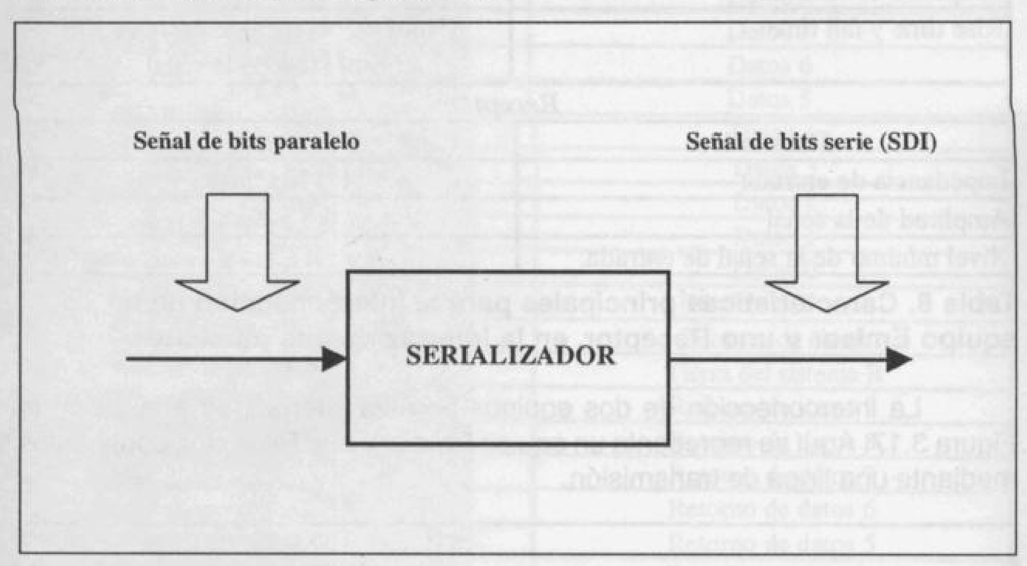


Figura 3.18. Serializador.

La Figura 3.19 representa el diagrama de bloques del Serializador.

La señal de entrada de bits paralelo (Recomendación ITU-R.BT.656) es conectada a la entrada del Registro de Desplazamiento.

En este Registro la señal de clock es utilizada para la carga de datos. Esta señal es 10 veces múltiplo de la frecuencia del clock de entrada.

Si la entrada al Registro fuera de 8 bits, este toma dos ceros "00" en los dos LSB (bits menos significativos) para completar la palabra de 10 bits.

A la salida del Registro de Desplazamiento obtenemos la señal NRZ. Esta señal es randomizada y codificada para convertirla a una señal NRZI.

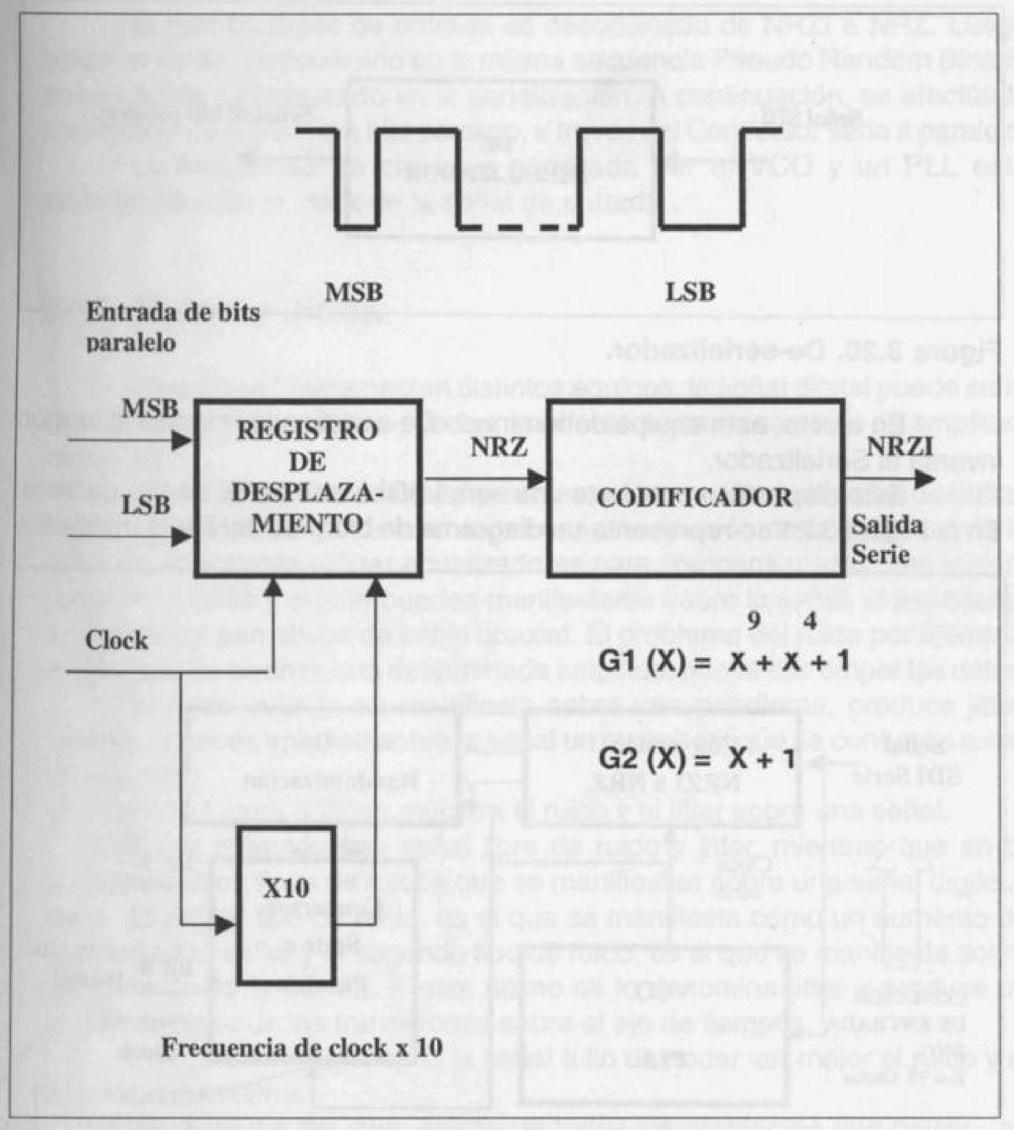


Figura 3.19. Diagrama de bloques de un Serializador.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

3.11.2 De-serializador.

Este dispositivo, a la inversa del anterior, convierte una señal de la interfaz de bits serie a la interfaz de bits paralelo, ver Figura 3.20.

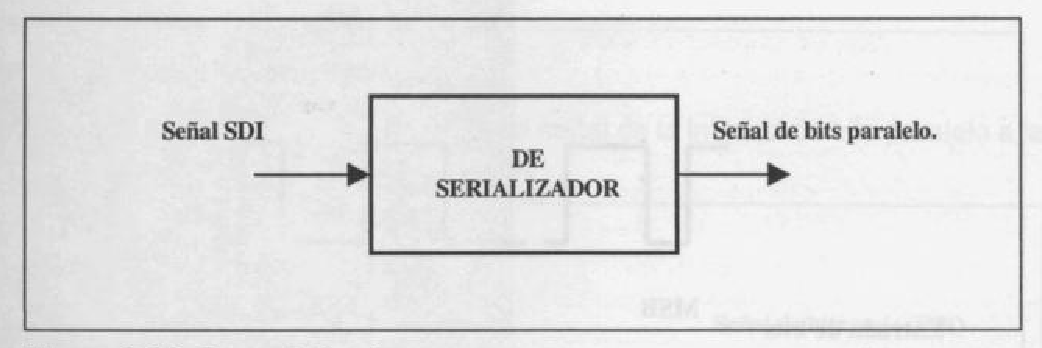


Figura 3.20. De-serializador.

En efecto, este equipo denominado De-serializador efectúa la función inversa al Serializador.

Este dispositivo convierte una señal SDI a una señal de bits paralelo. En la Figura 3.21 se representa un diagrama de bloques del De- serializador.

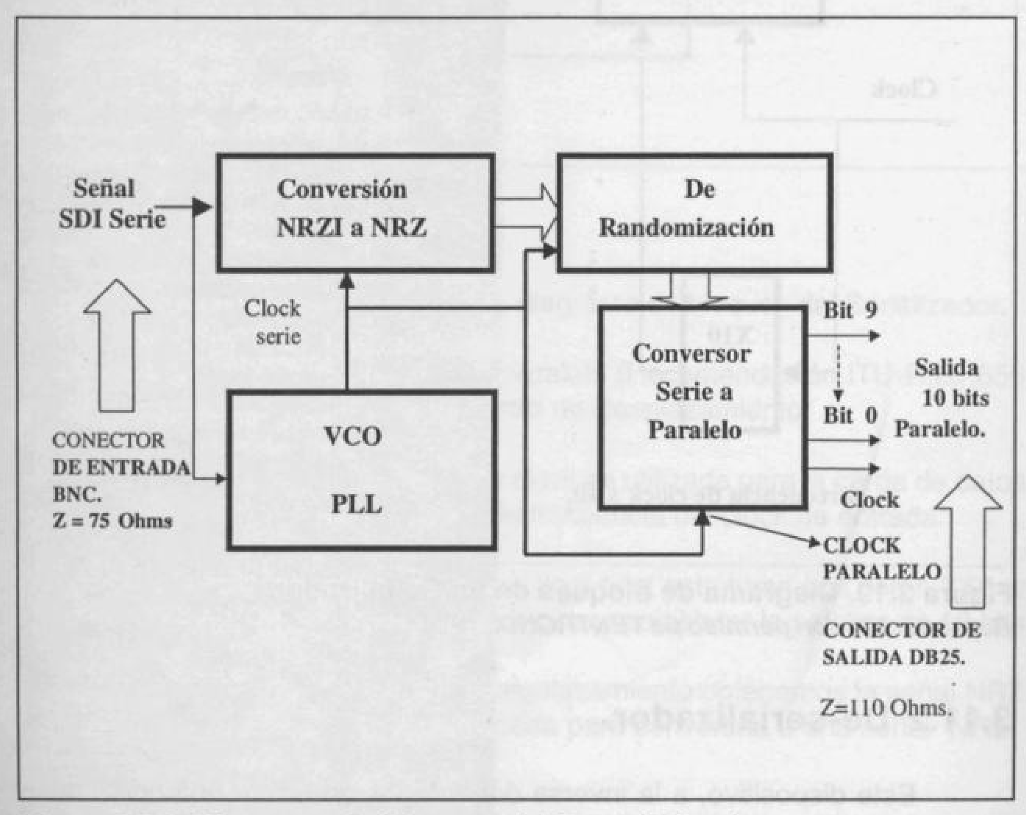


Figura 3.21. Diagrama de bloques del De-serializador.

El tren de datos de entrada es decodificado de NRZI a NRZ. Luego este tren es de-randomizado en la misma secuencia Pseudo Random Binaria que se había randomizado en la serialización. A continuación, se efectúa la conversión de bits serie a bits paralelo, a través del Conversor serie a paralelo.

La frecuencia de clock es generada por el VCO y un PLL está sincronizado con el clock de la señal de entrada.

3.12 Ruido y Jitter.

Cuando se interconectan distintos equipos, la señal digital puede sufrir diversas distorsiones. Estas pueden manifestarse como cambios de amplitud, ruido y jitter.

Además, el cable coaxial produce una atenuación de la señal de datos, manifestándose este fenómeno como una disminución de la amplitud de la señal. Es importante utilizar ecualizadores para compensar esta atenuación. También, el ruido y el jitter pueden manifestarse sobre la señal, al excederse las distancias permitidas de cable coaxial. El problema del ruido por ejemplo, es que cuando alcanza una determinada amplitud, puede corromper los datos.

El ruido cuando se manifiesta sobre una pendiente, produce jitter. También, a veces aparece sobre la señal un overshoot que se confunde como si fuera ruido.

En la Figura 3.22 se muestra el ruido y el jitter sobre una señal.

En a) tenemos una señal libre de ruido y jitter, mientras que en b) tenemos los dos tipos de ruidos que se manifiestan sobre una señal digital.

El primer tipo de ruido es el que se manifiesta como un aumento de amplitud de la señal y el segundo tipo de ruido es el que se manifiesta sobre la pendiente de la misma. A este último se lo denomina jitter y produce un desplazamiento de las transiciones sobre el eje de tiempos.

En c) se ha magnificado la señal a fin de poder ver mejor el ruido y el jitter sobre la misma.

El problema del jitter, aparte de todos los problemas que causa, es que sobre una línea de transmisión (cable coaxial), puede producir errores de bits.

Cuando se sobrepasa la distancia de cable coaxial admitido, aumenta la atenuación y se incrementa el ruido de la señal.

Es importante considerar las distorsiones analógicas que afectan la señal digital, como ser; respuesta en frecuencia, rolloff causado por la atenuación del cable, distorsión de fase, ruido y jitter del clock

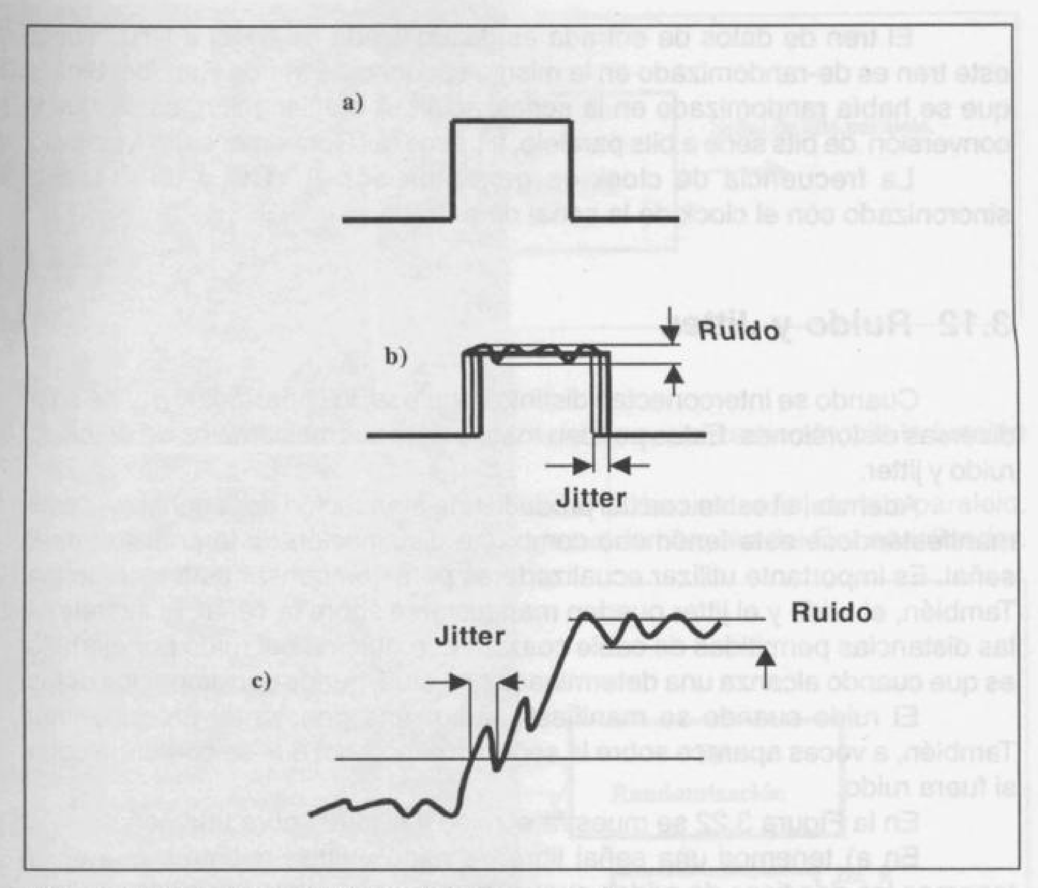


Figura 3.22. Ruido y jitter sobre una señal.

Para eliminar el ruido y el jitter de una señal digital. se utiliza un dispositivo denominado Reclocking.

En la figura 3.23 se muestra un diagrama básico de este dispositivo.

En este ejemplo, la señal de entrada posee ruido y jitter. Esta señal ingresa al circuito de entrada y simultáneamente es derivada a un loop enganchado en fase (PLL).

El PLL promedia la sincronización de las transiciones reconstruyendo una nueva señal de clock. Esta nueva señal es estable y libre de ruido y jitter.

En el circuito de entrada se compara la señal de datos con el pulso de clock, produciendo una señal de salida sin ruido ni jitter.

Este tipo de Recolockings son utilizados en señales SDI. Para señales de bits paralelo se utilizan otros tipos de Reclockings más complejos.

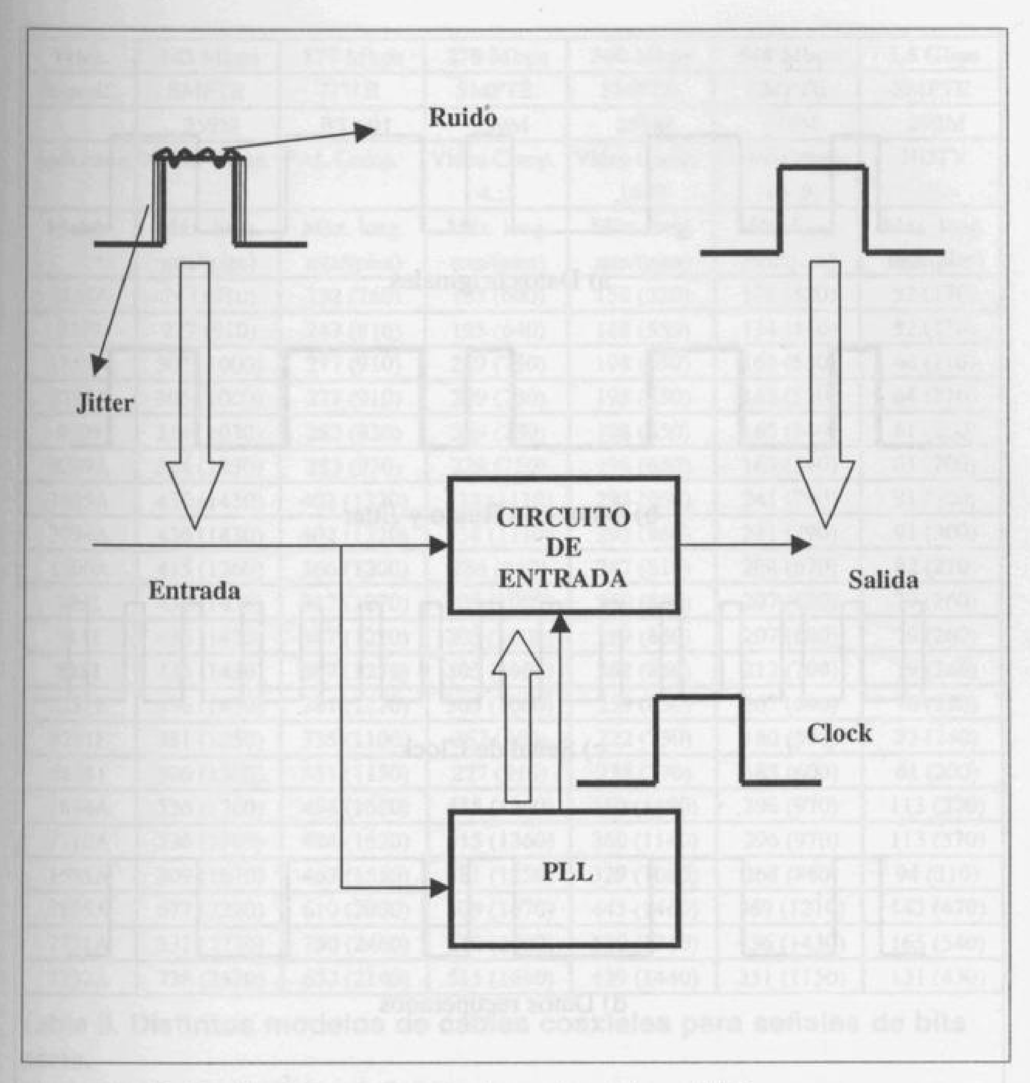


Figura 3.23. Reclocking para eliminar el ruido y el jitter.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

En la Figura 3.24, se representan las señales correspondientes al diagrama de la Figura 3.23.

En a) tenemos la señal original libre de ruido y jitter, mientras que en b) esa señal en algún tramo y por diversos motivos tiene ruido y jitter.

En c) tenemos el clock libre de ruido y jitter y en d) tenemos la señal recuperada sin ruido ni jitter, como teníamos en a).

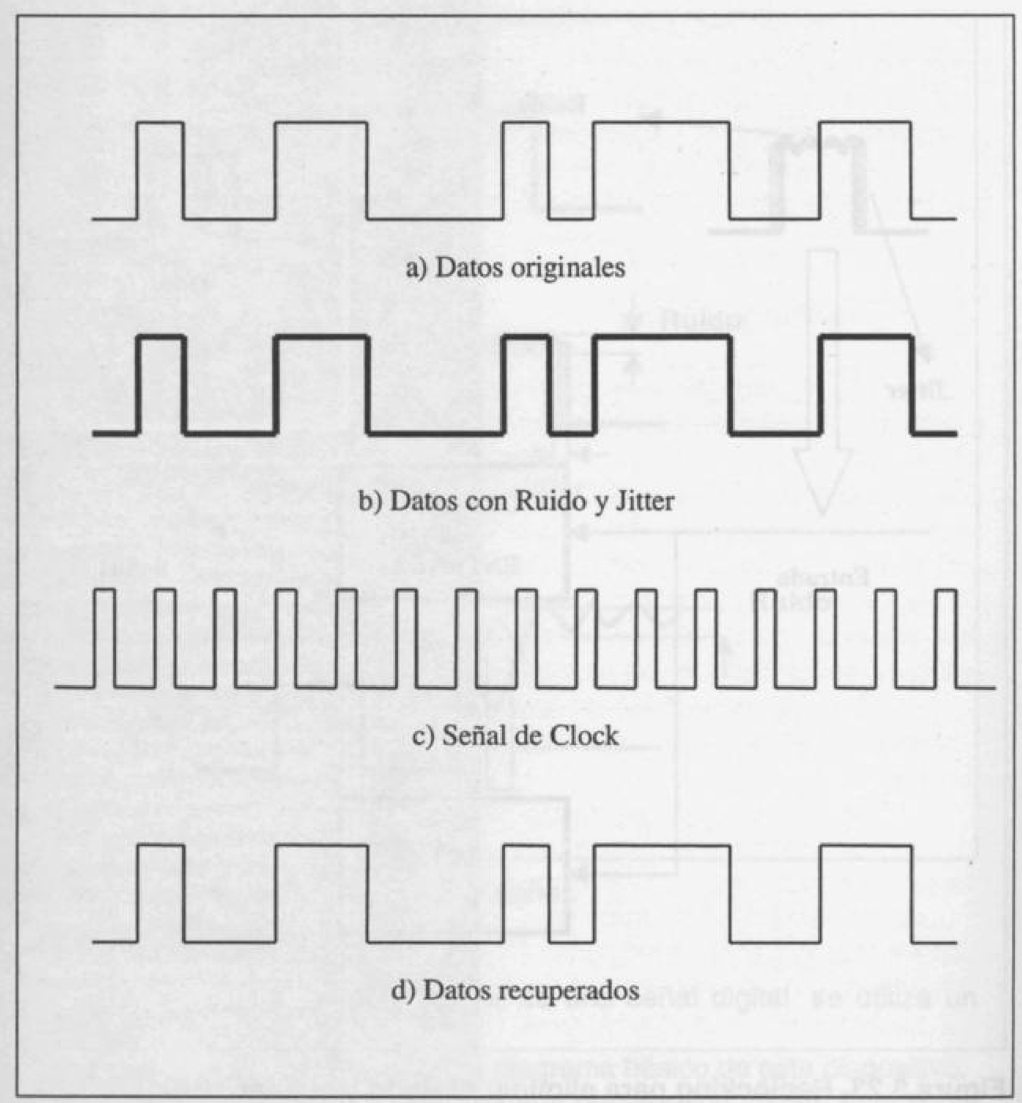


Figura 3.24. Recuperación de datos con un clock sin ruido.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

3.13 Cables coaxiales utilizados en video digital.

En la Tabla 9, se ilustran los distintos modelos de cables coaxiales y las distancias máximas permitidas, para las distintas señales digitales.

Veloc.	143 Mbps	177 Mbps	270 Mbps	360 Mbps	540 Mbps	1,5 Gbps
Especif.	SMPTE 259M	ITU.R BT.601	SMPTE 259M	SMPTE 259M	SMPTE 344M	SMPTE 392M
Aplicación	NTSC Comp.	PAL Comp.	Video Comp. 4.:3	Video Comp. 16.:9	Video Comp. 16.:9	HDTV
Modelo	Máx. long. mts/(pies)	Máx. long. mts/(pies)	Máx. long. mts/(pies)	Máx. long. mts/(pies)	Máx. long. mts/(pies)	Máx. long. mts/(pies)
1865A	247 (810)	232 (760)	183 (600)	158 (520)	128 (420)	52 (170)
8279	277 (910)	247 (810)	195 (640)	168 (550)	134 (440)	52 (170)
1855A	305 (1000)	277 (910)	229 (750)	198 (650)	162 (530)	64 (210)
7787A	305 (1000)	277 (910)	229 (750)	198 (650)	162 (530)	64 (210)
9209	314 (1030)	283 (930)	229 (750)	198 (650)	165 (540)	61 (200)
9209A	314 (1030)	283 (930)	229 (750)	198 (650)	165 (540)	61 (200)
1505A	436 (1430)	402 (1320)	338 (1110)	293 (960)	241 (790)	91 (300)
7794A	436 (1430)	402 (1320)	338 (1110)	293 (960)	241 (790)	91 (300)
1506A	415 (1360)	366 (1200)	286 (940)	247 (810)	204 (670)	82 (270)
9231	436 (1430)	387 (1270)	305 (1000)	259 (850)	207 (680)	79 (260)
9141	436 (1430)	387 (1270)	305 (1000)	259 (850)	207 (680)	79 (260)
8281	**436 (1430)**	**387 (1270)**	**305 (1000)**	**262 (860)**	**213 (700)**	**79 (260)**
8281B	436 (1430)	387 (1270)	305 (1000)	259 (850)	207 (680)	76 (250)
8281F	381 (1250)	335 (1100)	262 (860)	222 (730)	180 (590)	73 (240)
88281	396 (1300)	351 (1150)	277 (910)	235 (770)	183 (600)	61 (200)
1694A	536 (1760)	494 (1620)	415 (1360)	360 (1180)	296 (970)	113 (370)
7710A	536 (1760)	494 (1620)	415 (1360)	360 (1180)	296 (970)	113 (370)
1695A	509 (1670)	463 (1520)	381 (1250)	329 (1080)	268 (880)	94 (310)
7855A	677 (2220)	610 (2000)	509 (1670)	445 (1460)	369 (1210)	143 (470)
7731A	832 (2730)	750 (2460)	610 (2000)	530 (1740)	436 (1430)	165 (540)
7732A	738 (2420)	652 (2140)	515 (1690)	439 (1440)	351 (1150)	131 (430)

Tabla 9. Distintos modelos de cables coaxiales para señales de bits serie.
Reproducida con permiso de Belden.

El cable coaxial más utilizado para las señales SDI de 270 Mbps es el modelo 8281 de Belden. Este cable admite un tramo máximo de 305 metros, para transportar una señal SDI de 270 Mbps.

Los estándares para la conexión de señales digitales, son diseñados para operar con pérdidas de señal a la mitad de la frecuencia del clock. Las máximas longitudes de cable coaxial permitidas están basadas en los valores de atenuación, de acuerdo al siguiente criterio:

Longitud máxima = 30 dB de pérdidas a la mitad de la frecuencia del clock. Estándares SMPTE 259M e ITU-R BT.601.

Longitud máxima = 20dB de pérdidas a la mitad de la frecuencia del clock. Estándar 292 M.

En la Tabla 9 vemos que cuanto mayor es la velocidad del tren de datos (mayor frecuencia), la distancia de interconexión para cada tipo de cable es menor. Esto se debe a que la atenuación del cable aumenta a medida que aumenta la frecuencia.

En la Figura 3.25 se muestra el proceso de pasar la señal digital a través de un Reclocking. Generalmente, estos dispositivos van asociados con un ecualizador a la entrada a efectos poder ecualizar la distancia del cable. Cada Reclocking permite incrementar la longitud del cable coaxial 8281 en 305 metros más.

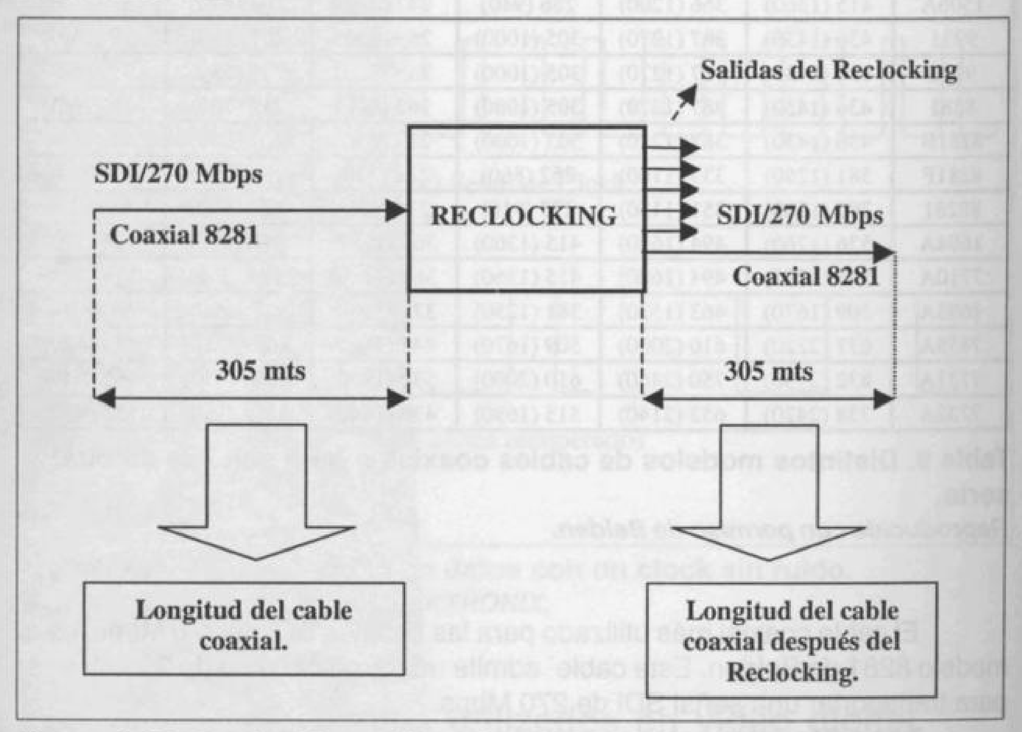


Figura 3.25. Reclocking utilizando cable Belden 8281.

El agregado de varios Reclockings en cascada no degradan en absoluto a la señal digital.

3.14 Reclocking multiformato.

En la práctica, los Reclockings además de ser económicos incluyen un ecualizador y vienen para diversos formatos digitales.

En la Figura 3.26 se representa un Reclocking multiformato.

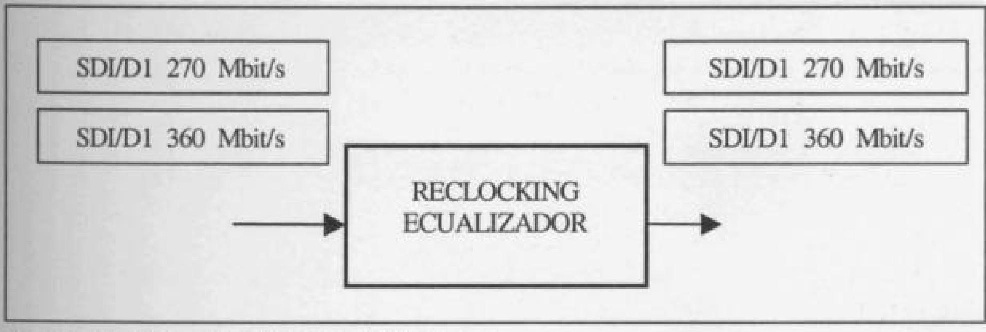


Figura 3.26. Reclocking multiformato.

Cuando conectamos a su entrada una señal SDI de 270 Mbit/s, a la salida en forma automática tenemos el mismo estándar y formato que a la entrada.

Cuando este Reclocking es utilizado con una señal SDI de 360 Mbit/s, a la salida tenemos la misma señal pero libre de ruido y jitter y en el mismo estándar y formato que a la entrada.

Los Reclockings, también son utilizados con señales PAL y NTSC Digital Compuesto. Sin embargo, como se había mencionado anteriormente, son un poco más complejos que los utilizados para SDI.

4

EL PORQUE DE LA COMPRESION

4.1 Introducción.

La compresión de video se viene aplicando en televisión analógica de diferentes formas. El barrido entrelazado es una forma de compresión, debido a que el ancho de banda que ocupa esa señal, se reduce a la mitad. En cambio, utilizando barrido progresivo, el ancho de banda que ocuparía esa señal, sería el doble.

Otra forma de compresión, es la debida a las señales diferencia de color (R-Y) y (B-Y). El ojo es poco sensible a los detalles de color, por ende estas señales necesitan un ancho de banda pequeño.

4.2 La compresión de video MPEG-2.

La compresión de video es una técnica de reducción de datos redundantes y en consecuencia, una disminución de la velocidad binaria de ese flujo.

El sistema de compresión más utilizado en aplicaciones de video broadcast, es el MPEG-2. Mediante la compresión, se logra ocupar menos ancho de banda que la misma señal original sin comprimir. En transmisión, la compresión permite la emisión de señales digitales, por el mismo espectro que ocupa un canal analógico actual.

La ventaja de emplear compresión, implica un ahorro significativo de costos y mayor flexibilidad de los sistemas.

La tecnología de compresión es muy abierta, debido a que se adapta a cualquier medio físico y/o radioeléctrico.

El proceso de compresión requiere que la señal a comprimir sea digital. Si la señal a comprimir es analógica, primero se la debe digitalizar.

Las técnicas de compresión varían respecto al tipo de señales a comprimir. En efecto, para video y audio los procesos de compresión son diferentes y por ello los Compresores también lo son. Esto significa que cada una de estas señales se comprimen por separado y de diferente forma.

La Figura 4.1 muestra un simple proceso de compresión de video.

La señal de entrada es analógica y se la digitaliza a través de un Conversor A/D. Este flujo de datos es luego comprimido y paquetizado.

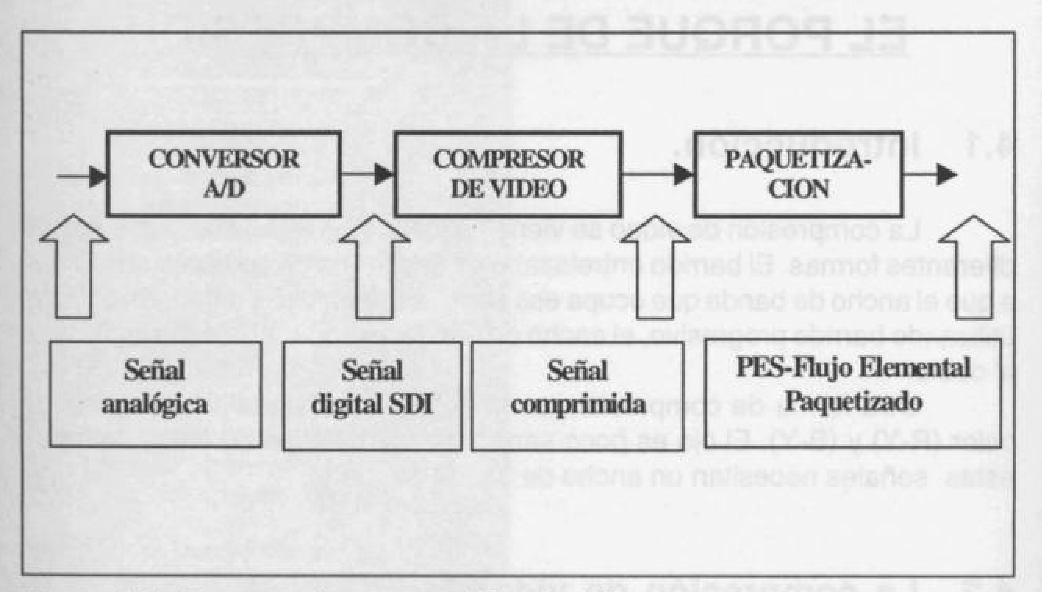


Figura 4.1. Proceso de compresión de video.

A la salida del Compresor tenemos un tren de datos comprimido, cuya velocidad binaria, será menor que la de entrada.

La velocidad del flujo de datos de salida es directamente proporcional a la relación de compresión aplicada.

La relación de compresión viene dada por;

$$\text{Relación de compresión} = \frac{Vi}{Vo}$$

Donde:

Vi : es la velocidad original del tren de datos a la entrada del Compresor.

Vo: Es la velocidad del tren de datos a la salida del Compresor.

En el ejemplo de la Figura 4.1, si la señal de entrada es un flujo de 270 Mbps (4:2:2/10 bits) y la velocidad final del tren comprimido es de 20 Mbps, la relación de compresión es de 270/20 = 13,5. Esto significa que esa señal se ha comprimido con una relación de 13,5:1.

La señal a la salida del Compresor es paquetizada en paquetes de longitud variable. Estos paquetes se denominan PES (Packet Elementary Stream).

Más adelante, en el Capítulo 9 se verá como están conformados los distintos paquetes PES, además de como se forman a partir de estos, los paquetes de programa (PS) y los paquetes de transporte (TS).

La técnica de compresión es utilizada en Estudio y en Transmisión.
En Estudio*, especialmente en Post Producción, cuando se quiere almacenar una señal digital SDI, muchas veces se recurre a la compresión.

La compresión de video, audio y datos está en relación directa con la capacidad de almacenamiento de un sistema. En efecto, si queremos aumentar el tiempo de almacenamiento sin aumentar la capacidad del mismo, se debe recurrir a la compresión.

En la Figura 4.2 se representa un sistema de almacenamiento de datos de video y audio, que en este caso es un disco rígido. El tren de datos que se va a almacenar, es un flujo de datos comprimido de video. Este ha sido comprimido con una relación de compresión de 4:1.

Esto significa que si la señal de entrada sin comprimir es una señal SDI de 270 Mbps, a la salida del Compresor tenemos un tren de datos con una velocidad binaria de 270/4 = 67,5 Mbps.

*NOTA: Cuando nos referimos a Estudio, queremos significar la planta de generación de señal como ser estudios, control de estudios, edición, post producción, etc. No está incluída aquí la planta transmisora.

Luego, este tren comprimido ingresa al dispositivo de almacenamiento o disco rígido, previa interface.

Los datos almacenados en el disco una vez procesados, editados etc, se pueden decomprimir a través del Decompresor. Mediante este proceso, volvemos a tener el tren de datos o señal original SDI de 270 Mbps.

Mediante la compresión, hemos ganado mayor tiempo de almacenamiento, sin aumentar la capacidad del disco. Si en vez de comprimir con una relación de 4:1 se hubiesen almacenado esos flujos de datos sin compresión o sea directamente el tren de datos SDI de 270 Mbps, se hubiese necesitado para este ejemplo cuatro veces más capacidad de disco.

Cuanto más alta es la relación de compresión aplicada, mayor será la degradación. Esta se ve traducida sobre la imagen en una pérdida de resolución de movimientos. Por ello, se debe tener especial cuidado en mantener una relación de compresión moderada y acorde al tipo de contenido artistico de la señal.

Este es solo uno de los ejemplos de compresión utilizado en Estudio y en post producción.

Otra aplicación es la utilización de modernas técnicas de compresión, como el estándar DV utilizado en Camcorders.

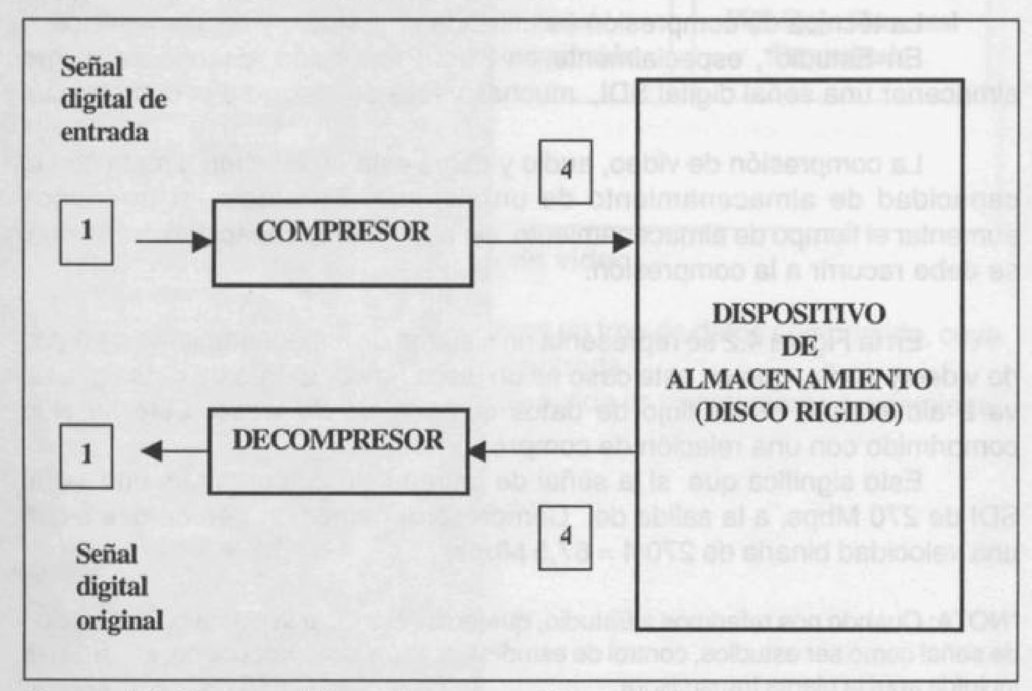


Figura 4.2. Compresión y decompresión de datos.

En este caso, no solo se logra grabar mayor tiempo con menos cinta de tape, sino que la utilización de esta tecnología los ha hecho más livianos y de dimensiones más pequeñas.

4.3 La Televisión Digital en Transmisión.

La señal analógica por componentes es digitalizada para obtener una señal SDI (4:2:2 / 270 Mbps). Este flujo digital, resulta imposible transmitirlo en el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico actual. Independientemente de la modulación empleada, este flujo ocuparía más de 13 canales de televisión de 6 MHz cada uno ó 10 canales de 8 MHz cada uno, según a que norma de espectro nos referimos.

Para poder transmitir estos flujos digitales, en el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico actual, se recurre a la compresión.

En la Figura 4.3 se pueden apreciar los anchos de banda aproximados, que ocuparía una señal digital de SDTV y una señal digital de Alta Definición (HDTV), comparados con el ancho de banda de 6 MHz que ocupa la señal analógica.

En STDV, el tren digital digital SDI de 270 Mbps transmitido ocuparía un ancho de banda de más de 80 MHz, lo que lo hace imposible que sea emitido por cualquier medio como ser canales de aire o sistemas de Cable, debido a la gran capacidad de espectro que ocupa.

También, resulta imposible transmitir un flujo digital de HDTV en 6 MHz de ancho de banda. Este flujo, tiene una velocidad binaria de 1,48 Gigabit/Seg. y ocuparía más de 70 canales de 6 MHz de ancho de banda cada uno.

Un canal de HDTV digital necesita aproximadamente para ser transmitido 420 MHz de ancho de banda.

Solo es posible transmitir estas señales digitales, reduciendo convenientemente las velocidades binarias de esos flujos de datos.

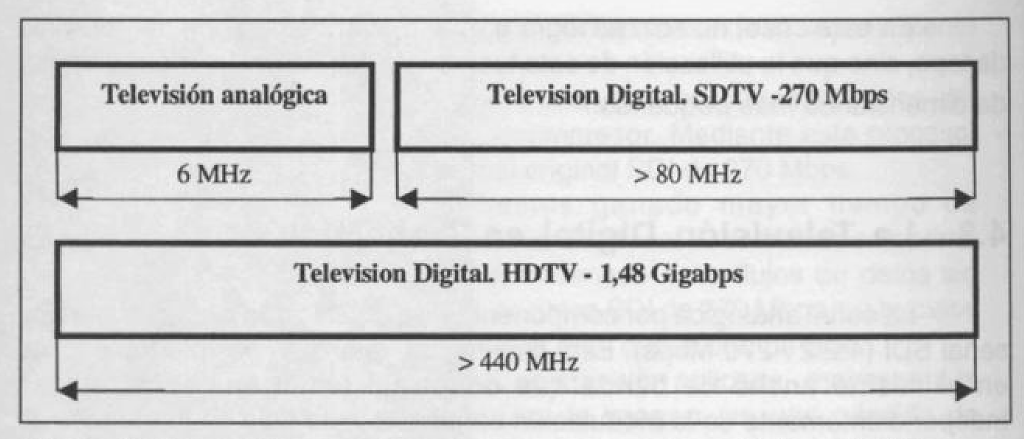


Figura 4.3. Espectro aproximado que ocupan las señales digitales SDTV y HDTV sin comprimir. Comparación con el espectro que ocupa la televisión analógica en 6 MHz de ancho de banda.

4.4 Ventajas de la Televisión Digital frente a la Televisión Analógica.

En la Figura 4.4, se pueden observar las principales ventajas de la Televisión Digital frente a la Televisión Analógica.

Para ello, se consideran los tres estándares de Televisión Digital Terrestre que existen en la actualidad.

ATSC (Advanced Television Systems Committee). E.E.U.U.

DVB - T (Digital Video Broadcast–Terrestrial). Europa.

ISDB-T (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting). Japón.

La señal de video digital es una señal que no tiene ruido. Si esta señal ha sido comprimida adecuadamente su calidad es muy buena.

El sonido que presenta la Televisión Digital es de mejor calidad y mayor realidad de presencia, que el de la Televisión Analógica.

Como se había mencionado, en el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico de 6 MHz, se pueden transportar en DTT (Digital Terrestrial Television), varios programas comprimidos de SDTV o un programa de HDTV.

En el estándar ATSC y para un espectro de 6 MHz, el transporte de estos programas se realiza a 19,3 Mbps.

En el estándar DVB-T, se pueden transportar varios programas de SDTV ó uno de HDTV, en un canal de 6 MHz de ancho de banda a 19,76 Mbps.

Más adelante, se verá que esta velocidad, depende de distintos parámetros a aplicar en la modulación.

- ***Mejor calidad de imagen y sonido.***
  ATSC - DVB-T - ISDB-T

- ***Múltiples programas de SDTV en el mismo ancho de banda que ocupa un canal análogo actual.***
  ATSC - DVB-T - ISDB-T

- ***HDTV. Televisión de Alta Definición, en el mismo ancho de banda que ocupa un canal análogo actual.***
  ATSC - DVB-T - ISDB-T

- ***Datos broadcasting. Plataformas multimedia. Interactividad.***
  ATSC - DVB-T- ISDB-T

- ***Recepción portable y móvil.***
  DVB-T – ISDBT

- ***Redes de Frecuencia Unica. SFN.***
  DVB-T - ISDB-T

Figura 4.4. Ventajas de laTelevisión Digital en transmisión.

Nota referente a la Figura 4.4: El estándar ATSC no tiene desarrollado a la fecha un estándar para Recepción Portable y Móvil ni tampoco un estándar para Redes de Frecuencia Unica (SFN).

La cantidad de programas SDTV que se pueden transmitir en 6 MHz, depende en primera instancia del factor o relación de compresión, que se debe aplicar a cada uno de ellos. Además, para tener una calidad broadcasting, la compresión a aplicar debe ser moderada.

La resolución de movimientos, depende de la relación de compresión aplicada y esta está directamente ligada al contenido del programa. Si este contiene movimientos rápidos, la compresión a aplicar debe ser moderada.

Una velocidad de 8 Mbps de mínima, es ideal para tener una buena resolución de movimientos, en programas de deportes rápidos por ejemplo.

En ese caso, en 6 MHz de ancho de banda y para 20 Mbps de velocidad binaria total, se pueden transportar dos programas de deportes rápidos comprimidos a 8 Mbps cada uno. Todavía, nos queda espacio en el espectro para un programa de video con movimientos moderados, como ser noticias o películas a 4 Mbps.

4.5 Capacidad de programas a transmitir.

Como se había mencionado, la cantidad de programas digitales a transmitir, en un canal de 6 MHz de ancho de banda y a una velocidad binaria total de casi 20 Mbps, está directamente relacionada con el factor de compresión a aplicar a cada uno de los programas.

Además, la relación de compresión a aplicar dependerá del contenido del programa que se quiere comprimir.

En la Figura 4.5, se ilustra una curva que representa la calidad subjetiva de la señal digital, en función de la velocidad binaria en Mbps.

Esta curva es subjetiva y empírica, ya que ha sido trazada en base a un promedio de observadores, evaluando en este caso un programa de deportes rápidos a distintas velocidades binarias o lo que es lo mismo a distintas relaciones de compresión. Para esta evaluación, la velocidad binaria se ha ido variando en pasos desde 3 a 15 Mbps. El estándar MPEG-2 opera con velocidades desde 1,5 Mbps hasta 15 Mbps, para SDTV en el Perfil Principal / Nivel Principal (MP@ML).

En la Figura 4.5, sobre la ordenada tenemos la escala de calidad, desde el punto de vista de la resolución de movimientos. Esta va desde mala, pasando por regular, buena y hasta muy buena. Esta escala está en función de la velocidad binaria. Podemos observar que para una velocidad de 3 Mbps, la calidad de la imagen está todavía por debajo de regular. Recién en 4 Mbps se alcanza ese valor de calidad.

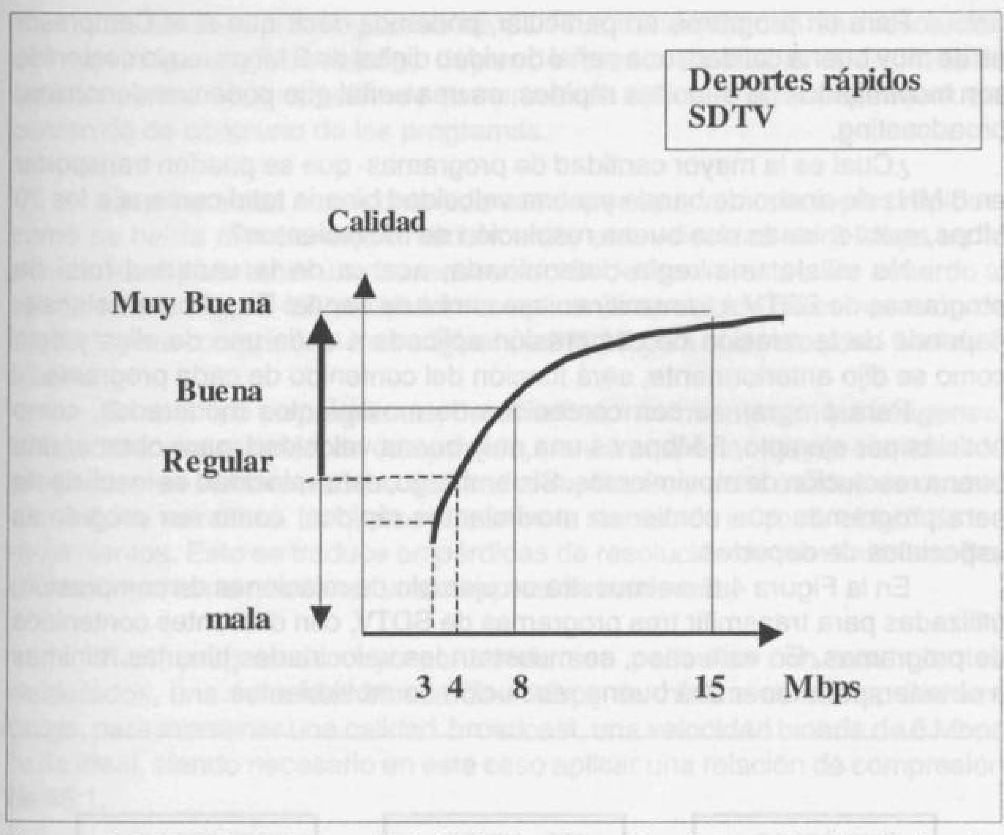


Figura 4.5. Calidad de la señal digital en función de la velocidad binaria.

En la misma Figura, vemos que para 8 Mbps, la calidad de la imagen es buena y para 15 Mbps la calidad es muy buena. Este ejemplo es extremo o sea para programas con contenidos cuyos movimientos son rápidos y con un elevado nivel de exigencia.

Si la relación de compresión es baja (para programas con movimientos rápidos), la velocidad binaria será mayor y la resolución de movimientos será mejor. En ese caso, podemos transportar un número determinado de programas de SDTV. Si se quiere aumentar la cantidad de programas comprimidos a transmitir, se debe aumentar la relación de compresión de cada uno de ellos. En este caso, la velocidad binaria se reduce y la resolución de movimientos será peor. Este último, es el caso de la televisión por satélite, donde en un determinado ancho de banda impuesto por el transpondedor, debemos incluir la mayor cantidad de señales y esto nos obliga a usar mayores relaciones de compresión.

Para un programa en particular, podemos decir que si el Compresor es de muy buena calidad, una señal de video digital de 8 Mbps cuyo contenido son movimientos de deportes rápidos, es una señal que podemos denominar broadcasting.

¿Cual es la mayor cantidad de programas que se pueden transportar en 6 MHz de ancho de banda y a una velocidad binaria total cercana a los 20 Mbps, manteniendo una buena resolución de movimientos?

No existe una regla determinada, acerca de la cantidad total de programas de SDTV a transmitir en ese ancho de banda. En primera instancia, depende de la relación de compresión aplicada a cada uno de ellos y ésta como se dijo anteriormente, será función del contenido de cada programa.

Para programas con contenidos de movimientos moderados, como noticias por ejemplo, 5 Mbps es una muy buena velocidad para obtener una buena resolución de movimientos. Sin embargo, esta velocidad es insuficiente para programas que contienen movimientos rápidos, como ser programas especiales de deportes.

En la Figura 4.6 se muestra un ejemplo de relaciones de compresión, utilizadas para transmitir tres programas de SDTV, con diferentes contenidos de programas. En este caso, se muestran las velocidades binarias mínimas a obtener, para tener una buena resolución de movimientos.

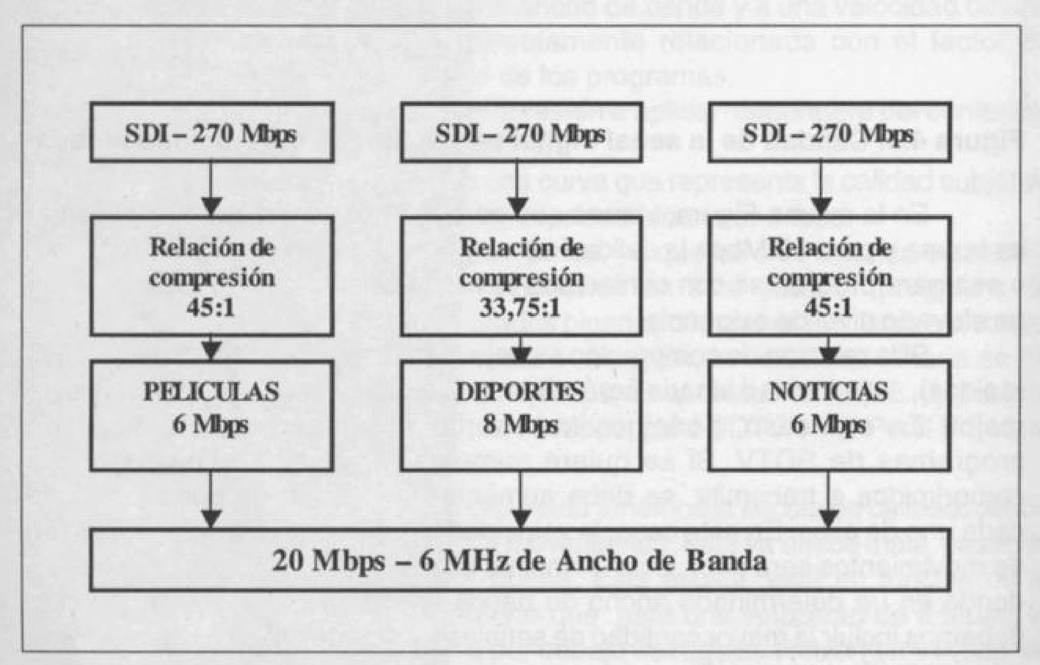


Figura 4.6. Velocidades binarias para distintos tipos de programas.

La cantidad de programas de SDTV a transmitir, con una resolución de movimientos adecuada, depende como se había mencionado anteriormente, de la relación de compresión a aplicar y esta dependerá del contenido de cada uno de los programas.

En programas cuyo contenido son deportes con movimientos rápidos, como se había mencionado anteriormente, una velocidad de 8 Mbps es la mínima ideal para tener una buena resolución de movimientos. De acuerdo al ejemplo de la Figura 4.6, necesitamos aplicar una relación de compresión de 33,75:1, para comprimir el tren original de 270 Mbps a una velocidad final de 8 Mbps.

En este tipo de programas, hay muchos movimientos en las imágenes. Utilizar una alta relación de compresión, para transportar mayor cantidad de programas en el mismo ancho de banda, implica no perder calidad en cuanto a definición se refiere. Lo que se pierde es la resolución o "continuidad" de los movimientos. Esto se traduce en pérdidas de resolución de movimientos. Por ello es importante mantener una compresión moderada.

Para programas cuyo contenido son películas con movimientos moderados, una velocidad binaria de 4 Mbps de mínima es buena. Sin embargo, para mantener una calidad broadcast, una velocidad binaria de 6 Mbps sería ideal, siendo necesario en este caso aplicar una relación de compresión de 45:1.

En la Figura 4.6, vemos que además de los dos programas comprimidos, podemos transportar un programa más con contenido de noticias a 6 Mbps. En este caso, adoptamos para este programa una relación de compresión de 45:1.

En la Figura 4.7, analizamos el caso cuando la señal digital es una señal de SDTV, pero con una relación de aspecto de 16:9. Esta señal 4:2:2 ha sido muestreada en su digitalización a 18 MHz en luminancia y 9 MHz para cada una de las señales diferencia de color. La frecuencia total de muestreo es de 36 MHz y a 10 bits de resolución por muestra, tenemos una velocidad binaria final de 360 Mbps.

Si la señal original a comprimir es una señal SDI de 360 Mbps, para mantener la misma relación de compresión que el ejemplo anterior, en casi 20 Mbps podemos transportar dos señales. Cada una de ellas tendrá una mayor velocidad binaria.

En este caso, tendremos una mejor resolución de movimientos en las imágenes, pero menor capacidad de programas a transportar.

El programa de películas con contenido de movimientos moderados, necesitaría 8 Mbps y el programa de deportes rápidos necesitaría 10,66 Mbps, para mantener la misma relación de compresión del ejemplo anterior.

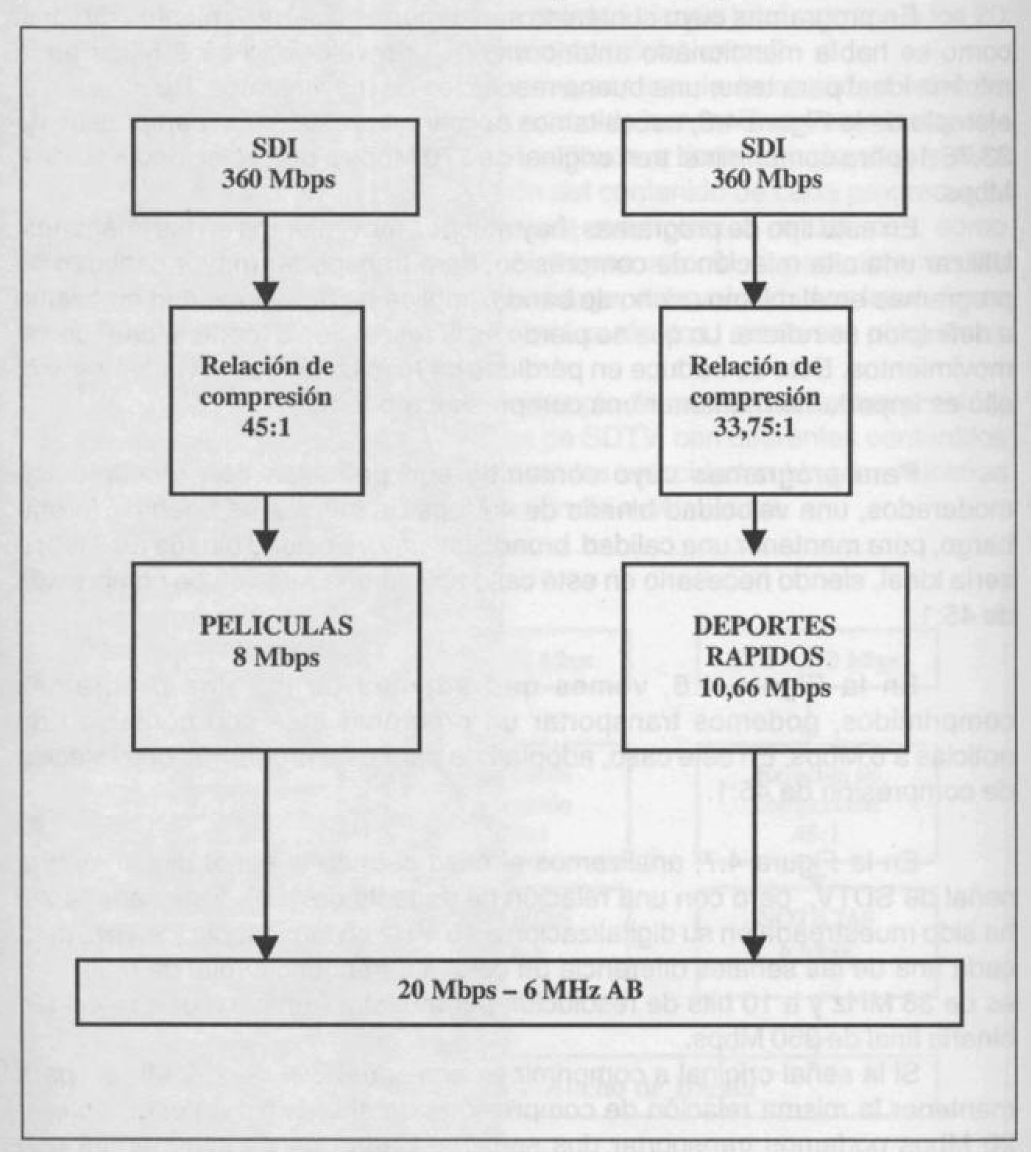


Figura 4.7. Capacidad de programas comprimidos a transmitir en 6 MHz de ancho de banda, para señales SDI de 360 Mbps.

En este caso, para mantener la misma relación de compresión que el ejemplo de la Figura 4.6, las velocidades binarias deben ser mayores

En el ejemplo de la Figura 4.7, aún nos queda capacidad en el espectro para transportar datos broadcast a 1,3 Mbps.

Es importante especificar cual es la velocidad del tren digital antes de la compresión. Hemos visto que, para la misma velocidad final del tren binario comprimido, si se parte de una señal digital de 270 Mbps o de una señal de 360 Mbps, las relaciones de compresión varían para una misma velocidad final.

Otra de las ventajas de la DTT, como ya se había mencionado, es la emisión de un programa de Alta Definición (HDTV) digital comprimido, en el mismo ancho de banda que ocupa un programa analógico actual. A una velocidad de 19,39 Mbps, en el estándar ATSC, la señal de HDTV Digital es transportada en un canal de 6 MHz. Esta velocidad del flujo de datos, es empleada con la modulación 8-VSB del estándar ATSC.

Reducir la velocidad del flujo de datos, de una señal de HDTV de 1,48 Gigabit/Seg. a una velocidad de 19,39 Mbit/Seg., implica comprimir la misma a una relación de compresión de aproximadamente 77:1. Sin embargo, aún empleando este valor tan alto de relación de compresión, sigue siendo una buena calidad de imagen para el telespectador.

Otra de las ventajas de la Televisión Digital, es la emisión de datos multimedia. En efecto, dado que lo que se va a modular son paquetes MPEG-2 normalizados, el contenido del paquete puede incluir datos broadcasting.

La televisión portable y móvil también es una buena opción en DTT. Esta está asociada con plataformas multimedia y permite la interactividad, especialmente con redes de datos.

Otra de las ventajas de la DTT, es la inclusión de múltiples programas digitales comprimidos de audio, para diversas aplicaciones.

En la Figura 4.8 se muestra la compatibilidad de la Televisión Digital Terrestre con otros medios.

TELEVISION DIGITAL TERRESTRE

Compatibilidad con:

- ➢ *TELEVISION POR CABLE.*
- ➢ *COMPUTADORAS.*
- ➢ *REDES DE DATOS.*

Figura 4.8. Compatibilidad de la Televisión Digital Terrestre (DTT) con otros medios.

La DTT debe ser completamente compatible con Sistemas de Cable Digitales. A su vez, debe haber total compatibilidad con computadoras y redes de datos, como por ejemplo Internet.

Otras ventajas y aplicaciones de la Televisión Digital es el Video On Demand, el cual permite al televidente seleccionar películas para ver desde su hogar. Acceder a juegos de todo tipo en línea, banca electrónica para todo tipo de transacciones, shopping o canales de compra, Internet y acceso a la autopista de la información, son solo algunas aplicaciones de esta nueva tecnología.

En la Figura 4.9, se puede apreciar la capacidad estimada de programas que se pueden transportar a una velocidad total 19,39 Mbps, en un ancho de banda de 6 MHz.

En el primer caso, si el programa es de HDTV, en 6 MHz de ancho de banda y a 19,39 Mbps se puede transportar un programa con buena calidad.

Si se quiere emitir programas de SDTV con contenidos de movimientos moderados, ejemplo películas, se pueden transmitir tres programas con una buena resolución de movimientos en 6 MHz de ancho de banda. En este caso, cada programa tendría una velocidad binaria aproximada de 6,46 Mbps. La cantidad de programas de SDTV a emitir en DTT puede variar, pero en el caso del programa en HDTV, solo se puede emitir un programa en el espectro de 6 MHz.

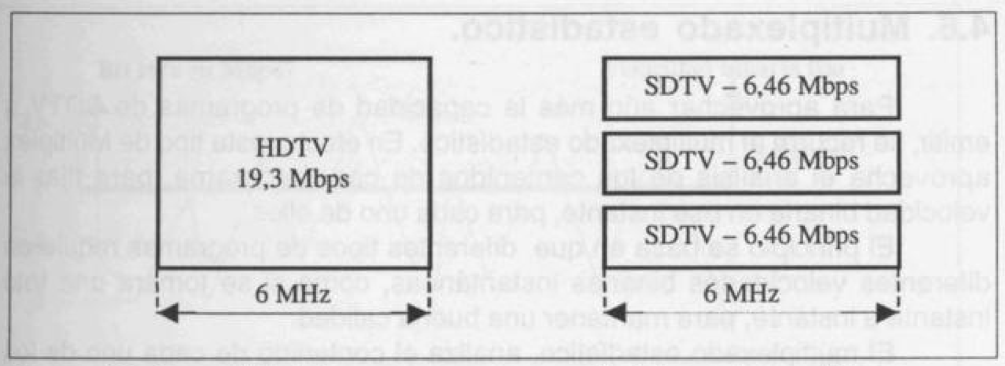


Figura 4.9. Capacidad de programas comprimidos a transmitir en 6 MHz de ancho de banda.

En la Figura 4.10 se muestra una transmisión de SDTV combinando contenidos, en un espectro de 6 MHz de ancho de banda y a una velocidad total de 19,3 Mbps.

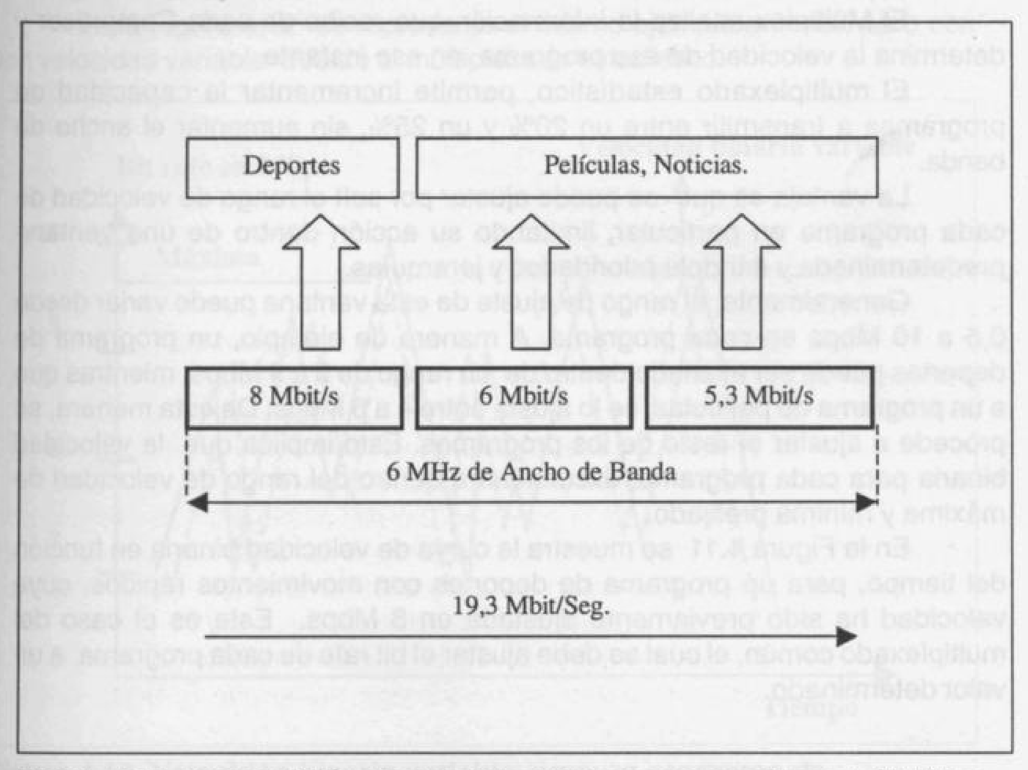


Figura 4.10. Transmisión de tres programas comprimidos en SDTV a 19,3 Mbps de velocidad binaria total.

4.6. Multiplexado estadístico.

Para aprovechar aún más la capacidad de programas de SDTV a emitir, se recurre al multiplexado estadístico. En efecto, este tipo de Múltiplex aprovecha el análisis de los contenidos de cada programa, para fijar la velocidad binaria en ese instante, para cada uno de ellos.

El principio se basa en que diferentes tipos de programas requieren diferentes velocidades binarias instantáneas, como si se tomara una foto instante a instante, para mantener una buena calidad.

El múltiplexado estadístico, analiza el contenido de cada uno de los cuadros que sale de cada uno de los compresores y ajusta la velocidad binaria para cada uno de los programas, en ese instante. Es así que hay programas que requieren en un mismo momento, una velocidad binaria baja y otros programas en ese mismo instante, requieren una velocidad binaria alta.

En cada instante, el contenido de cada programa es analizado cuadro a cuadro, para determinar la velocidad binaria necesaria a aplicar.

El Múltiplex analiza la información que recibe de cada Compresor y determina la velocidad de ese programa, en ese instante.

El multiplexado estadístico, permite incrementar la capacidad de programas a transmitir entre un 20% y un 25%, sin aumentar el ancho de banda.

La ventaja es que se puede ajustar por soft el rango de velocidad de cada programa en particular, limitando su acción dentro de una ventana predeterminada y dándole prioridades y jerarquías.

Generalmente, el rango de ajuste de esta ventana puede variar desde 0,5 a 10 Mbps en cada programa. A manera de ejemplo, un programa de deportes puede ser ajustado dentro de un rango de 5 a 9 Mbps, mientras que a un programa de películas, se lo ajusta entre 4 a 6 Mbps. De esta manera, se procede a ajustar el resto de los programas. Esto implica que la velocidad binaria para cada programa, excursionará dentro del rango de velocidad de máxima y mínima prefijado.

En la Figura 4.11 se muestra la curva de velocidad binaria en función del tiempo, para un programa de deportes con movimientos rápidos, cuya velocidad ha sido previamente ajustada en 8 Mbps. Este es el caso del multiplexado común, el cual se debe ajustar el bit rate de cada programa a un valor determinado.

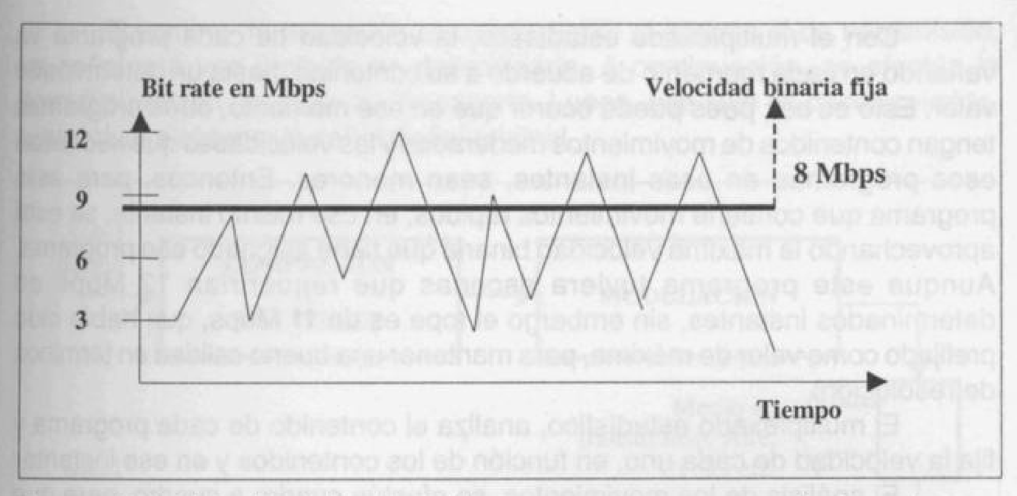


Figura 4.11. Velocidad fija de 8 Mbps para un programa de deportes con movimientos rápidos. Multiplexado común.

En la Figura 4.12 se representa el mismo ejemplo anterior, pero con una velocidad variable debido al multiplexado estadístico.

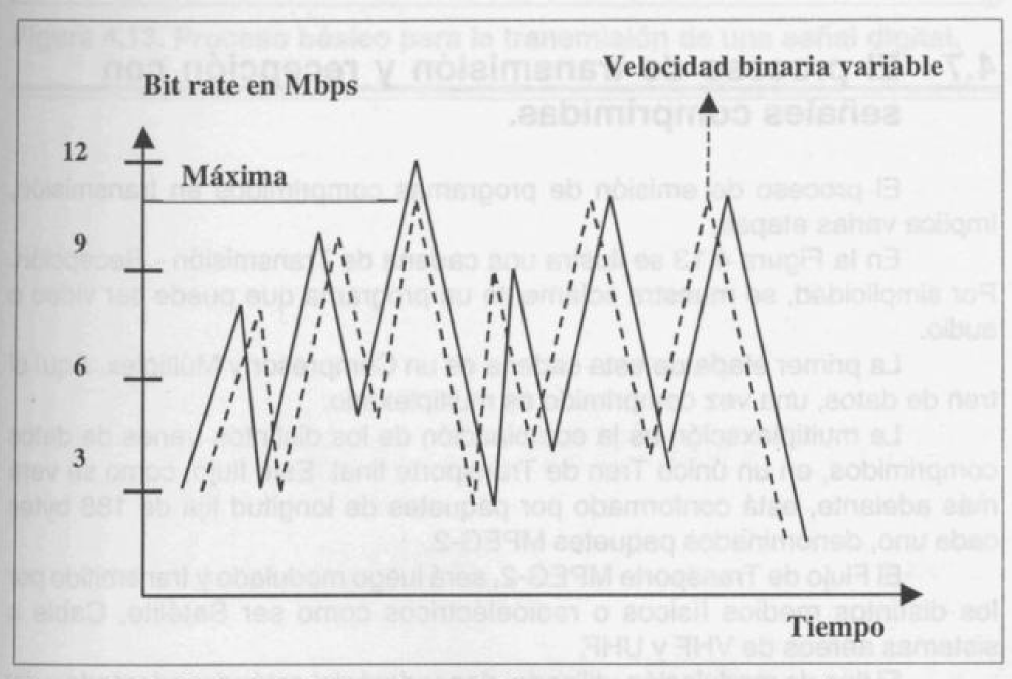


Figura 4.12. Velocidad binaria variable para un programa de deportes con movimientos rápidos. Multiplexado estadístico.

Con el multiplexado estadístico, la velocidad de cada programa va variando en cada momento de acuerdo a su contenido, hasta un determinado valor. Esto es así, pues puede ocurrir que en ese momento, otros programas tengan contenidos de movimientos moderados y las velocidades que necesitan esos programas en esos instantes, sean menores. Entonces, para este programa que contiene movimientos rápidos, en ese mismo instante, se está aprovechando la máxima velocidad binaria que tiene asignado ese programa. Aunque este programa tuviera escenas que requerirían 12 Mbps en determinados instantes, sin embargo el tope es de 11 Mbps, que había sido prefijado como valor de máxima, para mantener una buena calidad en términos de resolución.

El multiplexado estadístico, analiza el contenido de cada programa y fija la velocidad de cada uno, en función de los contenidos y en ese instante.

El análisis de los movimientos, se efectúa cuadro a cuadro, para que el Múltiplex fije la velocidad de ese programa a la salida del Compresor.

Las ventajas del multiplexado estadístico no pueden ser aplicadas cuando tenemos pocas señales o programas. Su máximo rendimiento se logra cuando se transportan más de seis programas.

4.7 El proceso de transmisión y recepción con señales comprimidas.

El proceso de emisión de programas comprimidos en transmisión, implica varias etapas;

En la Figura 4.13 se ilustra una cadena de Transmisión - Recepción. Por simplicidad, se muestra solamente un programa que puede ser video o audio.

La primer etapa de esta cadena es un Compresor y Múltiplex. Aquí el tren de datos, una vez comprimido es multiplexado.

La multiplexación es la combinación de los distintos trenes de datos comprimidos, en un único Tren de Transporte final. Este flujo, como se verá más adelante, está conformado por paquetes de longitud fija de 188 bytes cada uno, denominados paquetes MPEG-2.

El Flujo de Transporte MPEG-2, será luego modulado y transmitido por los distintos medios físicos o radioeléctricos como ser Satélite, Cable o sistemas aéreos de VHF y UHF.

El tipo de modulación utilizado, dependerá del estándar adoptado y del medio de transmisión empleado.

El camino de recepción es exactamente el inverso al de transmisión. La señal una vez recibida es demodulada. A continuación, se efectúa la demultiplexación del Flujo de Transporte. Luego, ese flujo es decomprimido, para volver a obtener la señal digital original.

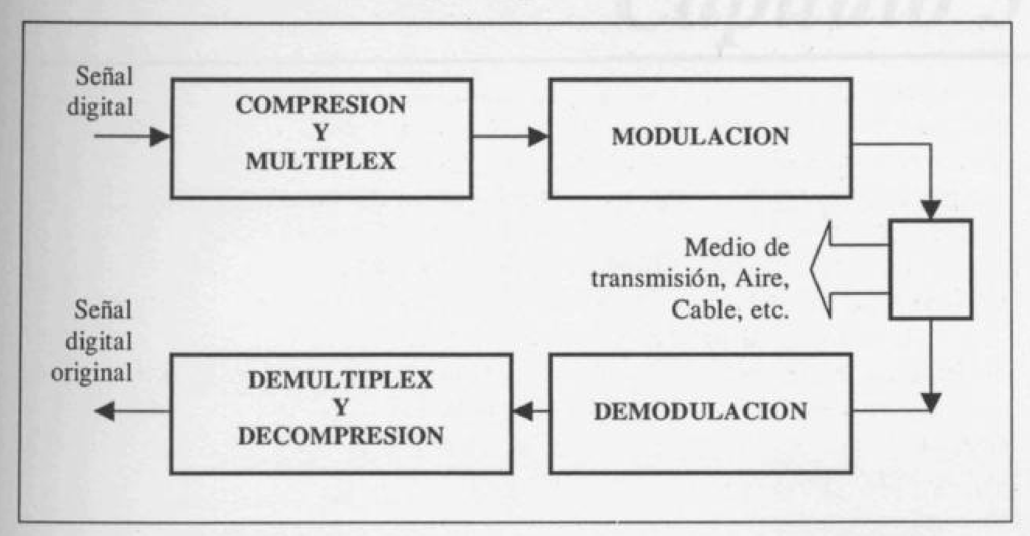


Figura 4.13. Proceso básico para la transmisión de una señal digital.

Capítulo 5

Fundamentos de la Compresión de Video MPEG-2

5

FUNDAMENTOS DE LA COMPRESION DE VIDEO MPEG-2

5.1 Introducción.

El primer estándar de compresión, concebido para ser utilizado con imágenes estáticas, ha sido el JPEG (Joint Photographic Experts Group).

Posteriormente, se creó el grupo MPEG (Moving Picture Experts Group), cuyo fin era desarrollar un estándar de compresión para imágenes en movimiento. El primer estándar para esta aplicación ha sido el MPEG-1, utilizado para grabaciones en CD-ROM. Este estándar tenía algunas limitaciones y no era de aplicación Broadcast.

MPEG-1 estaba limitado a:

- Un flujo máximo de 1,5 Mbps y calidad comparable al VHS.
- Resolución de 352 x 240 y operación con barrido progresivo solamente.

Luego, se desarrolló el estándar de compresión de video MPEG-2, concebido para aplicaciones Broadcast. Este, tiene como principales ventajas, el operar con velocidades binarias de hasta 15 Mbps. En el Capítulo 8, veremos en detalle las características de este estándar.

MPEG-2 utiliza más altas resoluciones que MPEG-1 y acepta barridos entrelazado y progresivo.

En este capítulo, analizaremos los fundamentos de la compresión y la formación del flujo MPEG-2.

5.2 Entropía y redundancia.

Cualquier tipo de imagen está compuesta por dos partes fundamentales que son; entropía y redundancia.

Se define a la entropía como la información útil de una señal. Así mismo se define a la redundancia como una información que es repetitiva, la cual es facilmente predecible.

Una imagen cuya escena tiene un mar completamente verde, tiene poco de entropía y mucho de redundancia. Un ejemplo similar es una imagen con un cielo totalmente azul.

La compresión debe efectuarse sobre la redundancia de la señal o imagen. Si se comprime la redundancia y parte de la entropía, obviamente habrá una degradación de calidad, debido a que se está perdiendo información.

En la práctica, es dificil determinar donde termina exactamente la redundancia y comienza la entropía. Por ello, el proceso de compresión reduce la redundancia hasta un determinado punto, quedando siempre algo de ella. En la Figura 5.1, se representa a modo de ejemplo la entropía y redundancia de una imagen cualquiera.

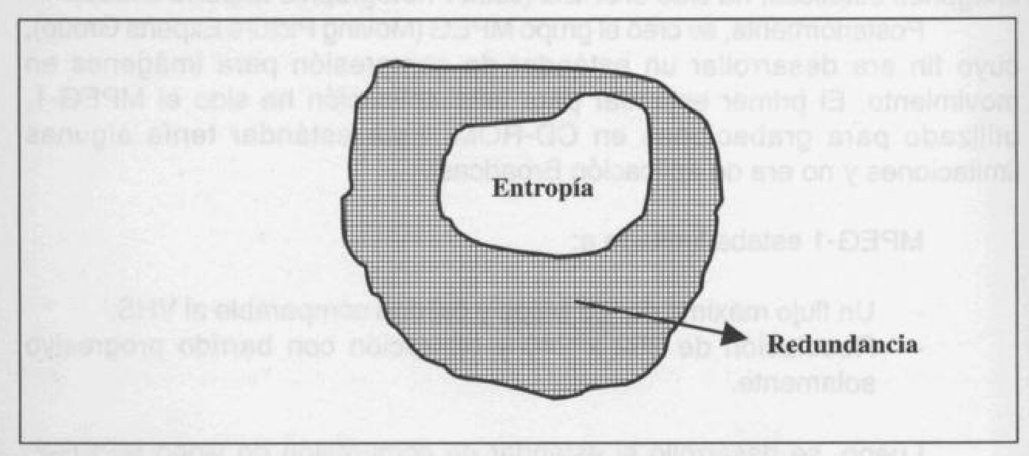


Figura 5.1 Entropía y redundancia de una imagen antes de la compresión MPEG-2.

La zona blanca es la entropía o núcleo de esa imagen. La que envuelve a ésta, es la redundancia o sea toda la información que se repite.

En la Figura 5.2 se muestra la misma imagen una vez efectuada la compresión. Nótese que queda solo una parte de la redundancia original, que es la parte externa a la entropía.

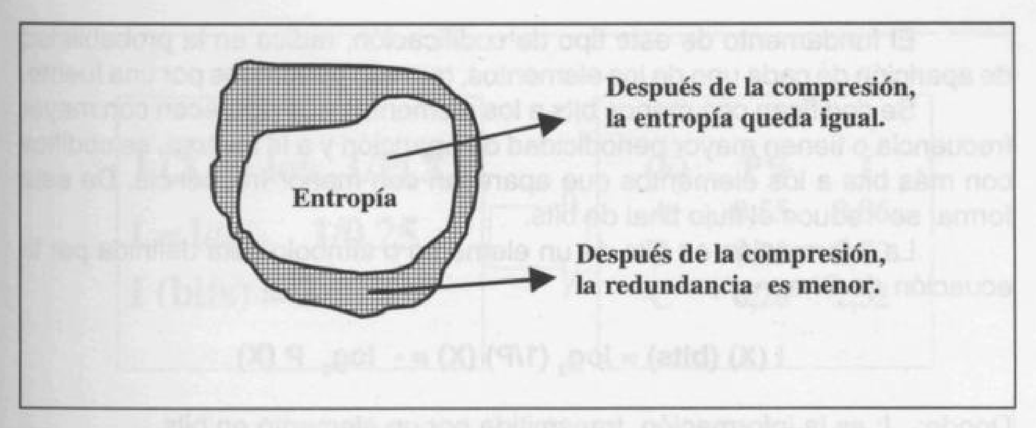


Figura 5.2. Entropía y redundancia de la imagen de la Figura 5.1, después de la compresión MPEG-2.

Si se comprimiera aún más esa señal, se quitaría la redundancia restante, pero como se mencionó antes, es difícil determinar exactamente donde finaliza la redundancia y comienza la entropía.

Todas las imágenes contienen una gran información que es redundante.

En teoría, un Compresor ideal (para una relación de compresión máxima), debería quitar el 100% de la redundancia de una imagen o secuencia de imágenes, quedando solo la entropía. Sin embargo en la práctica, al aplicar la compresión siempre queda un poco de redundancia.

Si se aumenta aún más la relación de compresión, se llega a un punto en que comienza a reducirse datos de la entropía. Cuando esto ocurre, el sistema se degrada en calidad y no es reversible. Esto significa que al decodificar la señal, hay datos que no se pueden recuperar. Con esto se quiere significar que la compresión debe utilizarse con moderación, para no producir degradaciones sobre la imagen.

Estas degradaciones, producidas por un alta relación de compresión, se traducen en pérdidas de resolución de movimientos.

5.3 Codificación de Longitud Variable (VLC).

La Codificación de Longitud Variable (VLC), es el proceso más importante del sistema de compresión MPEG-2.

Esta codificación está asociada a la tabla de Huffman. En efecto, en el año 1952 Huffman desarrolló este tipo de codificación, también denominada VLC, siendo luego adoptada por el estándar de compresión MPEG-2.

El fundamento de este tipo de codificación, radica en la probabilidad de aparición de cada uno de los elementos, que son generados por una fuente.

Se codifican con menos bits a los elementos que aparecen con mayor frecuencia o tienen mayor periodicidad de aparición y a la inversa, se codifica con más bits a los elementos que aparecen con menor frecuencia. De esta forma se reduce el flujo final de bits.

La información en bits de un elemento o símbolo está definida por la ecuación de Shannon;

$$\mathbf{I\ (X)\ (bits) = log_2\ (1/P)\ (X) = -\ log_2\ P\ (X)}$$

Donde: I: es la información transmitida por un elemento en bits.
P: es la probabilidad de aparición de ese elemento.
X: es un evento en particular.

La información de un elemento en bits, es el logaritmo en base 2 de la inversa de la probabilidad de aparición de ese elemento.

Cabe aclarar, que aquí nos referimos a bits de información y no a bits de datos.

Veremos que cuanto mayor es la probabilidad de aparición de un elemento, la información en términos de bits es menor y a la inversa, a menor probabilidad la información en bits aumenta.

Un ejemplo de aplicación de la fórmula se analiza en la Figura 5.3. En este ejemplo, vemos que la información de un elemento en bits, para cuando la probabilidad de aparición de ese elemento es de un 25%, da como resultado 2.

Aquí se muestra un ejemplo de tres eventos o símbolos, en el cual la información es igual a 0,86 cuando la probabilidad de aparición del símbolo (A) es del 55%. En el caso del símbolo (B), cuando la probabilidad baja a un 25%, la información (I) en bits es igual a 2. Por último, para el símbolo (C), cuando su probabilidad es de un 20%, la información (I) en bits es de 2,32. De aquí vemos que, cuanto mayor es la probabilidad de aparición de un elemento, la información (I) en bits es menor.

Se define como entropía de una fuente de información en bits, a la sumatoria de los productos de cada una de las informaciones por su probabilidad de aparición.

Una imagen de video puede ser descripta como un número finito de símbolos, siendo cada uno de ellos los pixeles.

Para el ejemplo mostrado en la Figura 5.3, la entropía es de 1,44 bits por símbolo.

$$I(X) = \log_2 1/P(X)$$

$$I = \log_2 \quad 1/0,25$$

$$I\ (bits) = 2$$

(E)	P%	I
A	0,55	0,86
B	0,25	2,00
C	0,20	2,32

$$H(X) = \sum_{I=1}^{I=n} I(Xi)\,.\,P(Xi) = (0{,}86 \times 0{,}55) + (2 \times 0{,}25) + (2{,}32 \times 0{,}20) =$$

$$H(X) = 1{,}44 \text{ bits/símbolo}$$

Figura 5.3. Información de un elemento en bits y entropía de una fuente de información en bits por símbolo.

Una fuente (X) es definida como una imagen de video con un número finito de símbolos. Estos símbolos X = X1, X2... Xn, son pixeles.

La entropía es la información promedio de una fuente, siendo esta una imagen de video.

Un ejemplo típico del Código de Longitud Variable es el código Morse. Este fue inventado en el año 1835 por Samuel Morse, para ser utilizado en el telégrafo en EE.UU. En la Figura 5.4, se muestran tres letras del código Morse y los códigos correspondientes a cada una de ellas.

En efecto, cuando se desarrolló este código, se efectuó un estudio de la periodicidad de las letras del alfabeto inglés respecto de las palabras más empleadas en ese idioma. A las letras que mayor probabilidad tenían de ser utilizadas, se le asignaron códigos cortos.

A la letra E se le asignó un punto. Esta letra es una de las más utilizadas en el alfabeto inglés y por ello se le asignó un código corto.

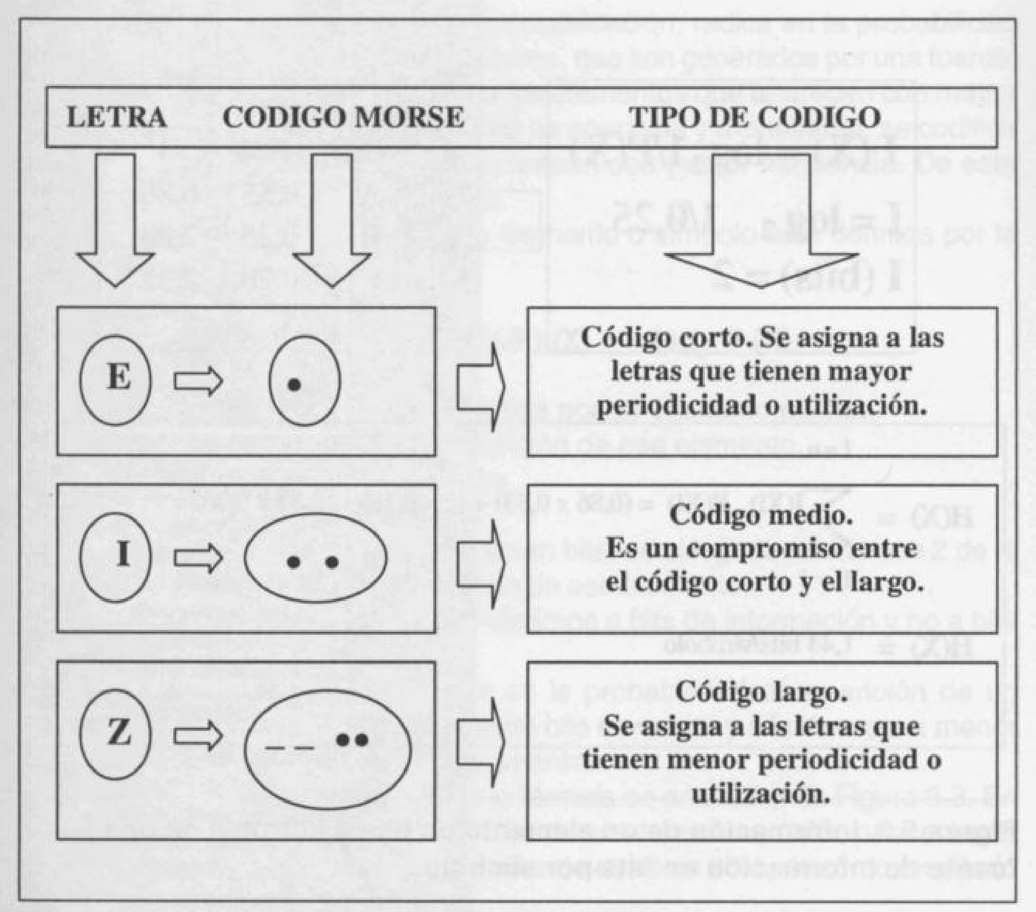


Figura 5.4. Código Morse. Ejemplo de Codificación de Longitud Variable.

A las letras menos utilizadas en las palabras de ese idioma, se le asignaron códigos largos, ejemplo la letra Z.

Los códigos intermedios, fueron utilizados para las letras que tienen una periodicidad de aparición promedio entre las letras más empleadas y las menos empleadas, ejemplo la letra I.

Lógicamente, el código Morse tuvo mejor desempeño en EE.UU. y países de habla inglesa. En otros países, no se cumplían exactamente las características para la cual fue diseñado. Sin embargo, este código se utilizó en todo el mundo, pero la mayor eficiencia y flexibilidad del mismo fue en los países de habla inglesa.

5.3.1 Codificación de Huffman.

El proceso de codificación de Huffman se basa en dos premisas fundamentales que son;

a) Reducción de la fuente.
b) Construcción del código de palabra.

La reducción de la fuente, consiste en la agrupación de varios símbolos en uno.

La característica principal radica en que al combinar dos símbolos, las probabilidades de aparición de estos se suman. Entonces, la información en bits es menor.

La construcción del código de palabra consiste en asignarle valores binarios a los símbolos agrupados.

Para una mejor comprensión, veremos a continuación un ejemplo.

En la Tabla 1 tenemos cinco símbolos y sus distintas probabilidades de aparición. En la columna de la derecha, se calcula la información en bits para cada uno de los símbolos.

Nótese que cuanto menor es la probabilidad, mayor será la información en bits. En el símbolo (D) la probabilidad es del 49%, siendo la información de 1,02 bits. En el símbolo (B) la probabilidad de aparición es del 3%, siendo la información de 5,05 bits.

Símbolo	Probabilidad %	I (bits) = $\log_2 (1/p)$
A	13	2,94
B	3	5,05
C	20	2,32
D	49	1,02
E	15	2,73

Tabla 1. Símbolos y sus probabilidades de aparición.

Para reducir la fuente, el primer paso es ordenar los símbolos en orden de probabilidad decreciente.

En la Tabla 2 se muestran los símbolos de la Tabla 1, ordenados en forma decreciente.

A continuación, se toman los dos símbolos de menor probabilidad que son el (A) y el (B). Al símbolo (B), que es el de menor probabilidad de ambos, se le asigna un "0" y al simbolo (A), que es el de mayor probabilidad se le asigna un "1".

Símbolo	Probabilidad %	Bit asignado
D	49	
C	20	
E	15	
A	13	1
B	3	0

Tabla 2. Agrupación de los símbolos en orden de probabilidad decreciente.

En la Tabla 3, se muestra la agrupación de los dos símbolos de menor probabilidad (A y B) en uno solo. En este caso, la probabilidad de ambos símbolos agrupados será la suma de las probabilidades de cada uno de ellos, o sea 16%.

A continuación, tenemos el símbolo (E) con una probabilidad del 15% y los simbolos (A+B) con una probabilidad del 16%. Al simbolo de menor probabilidad que es el (E), se le asigna un "0" y al símbolo de mayor probabilidad (A+B), se le asigna un "1".

Símbolo	Probabilidad %	Bit asignado
D	49	
C	20	
E	15	0
A+B	16	1

Tabla 3. Agrupación de dos símbolos en uno.

El paso siguiente, consiste en agrupar los dos símbolos de menor probabilidad de la lista (A+B) y el (E) en uno solo, ver Tabla 4. Con esta nueva agrupación la probabilidad aumenta al 31%.

Símbolo	Probabilidad %	Bit asignado
D	49	
C	20	0
A+B+E	31	1

Tabla 4. Agrupación de tres símbolos en uno.

De esta manera, se logra agrupar tres símbolos en uno.

El próximo paso, consiste en comparar el porcentaje de probabilidad de esta agrupación con el símbolo (C).

En la Tabla 4, vemos que al símbolo de menor probablidad (C) se le asigna un "0" y al símbolo de mayor probabilidad (A+B+E) se le asigna un "1".

Por último, nos quedan dos símbolos, ver Tabla 5. El primero de ellos es (A+B+E+C) con una probabilidad del 51% y una información en bits de 0,97% y el segundo símbolo es el (D) con una probabilidad del 49% y una información en bits de 1,02.

Símbolo	Probabilidad %	I (bits) = log2 (1/p)
A+B+E+C	51	0,97
D	49	1,02

Tabla 5. Agrupación de cuatro simbolos en uno.

A la agrupación (A+B+E+C) con una probabilidad del 51%, se le asigna un bit en estado "1" y al símbolo (C) con una probabilidad del 49%, se le asigna un bit en estado "0", ver Tabla 6.

Símbolo	Probabilidad %	Bit asignado
A+B+E+C	51	1
D	49	0

Tabla 6. Asignación de bits en función del porcentaje de probabilidad.

De esta manera, el código de palabra se forma con los bits de las agrupaciones que se van formando. Con solamente un bit en estado "1" representamos a cuatro símbolos agrupados. Con otro bit en estado "0" representamos al símbolo restante (D).

5.4 Compresión MPEG-2.

La compresión MPEG-2, se basa en la reducción de la velocidad binaria del flujo de datos digital.

De esta forma, se logra quitar o disminuir la redundancia de las imágenes en televisión.

Analizaremos a continuación, los distintos tipos de redundancia que se presentan en estas imágenes y el tipo de codificación adoptada en cada caso.

5.4.1 Redundancia espacial.

Dentro de una misma imagen, existen áreas de muestras de pixeles iguales. Un ejemplo típico puede ser el césped de un campo de fútbol o una imagen con un cielo azul. En estas partes de la imagen que tienen el mismo color y brillo, es donde tenemos una gran repetición de muestras o lo que es lo mismo tenemos mucha redundancia. En estos casos, se aplica una codificación que reduce la redundancia dentro de la misma imagen.

A este tipo de codificación se lo denomina espacial, lográndose con ésta una baja relación de compresión.

En la Figura 5.5 a), se muestra una imagen cualquiera que tiene mucha redundancia. Las flechas en todas direcciones, indican que existen repetición de pixeles dentro de la misma imagen.

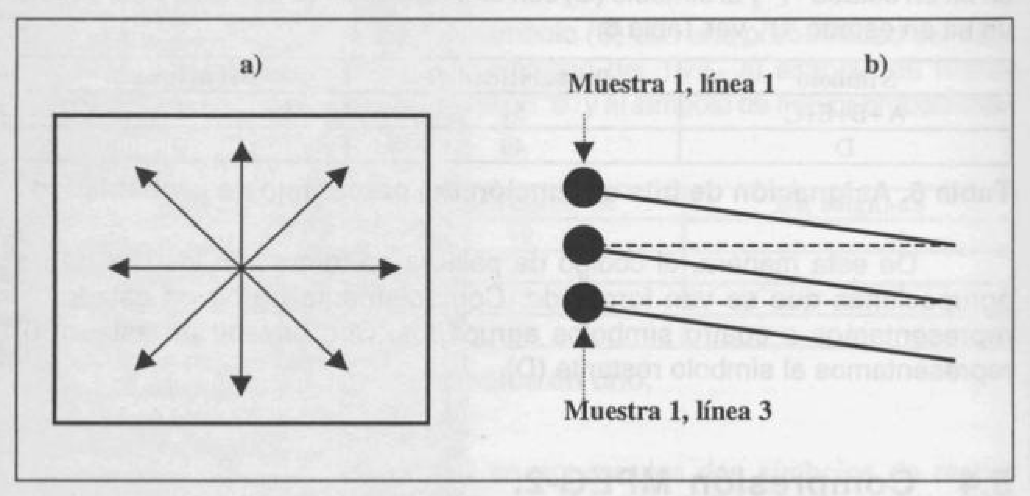


Figura 5.5. a) Redundancia espacial. b) Líneas de barrido.

En la Figura 5.5 b) se representan a manera de ejemplo tres líneas de barrido de un campo. Supongamos, que la imagen a) de la Figura 5.5 está compuesta por un escena con un cielo azul.

En este caso, tenemos mucha información repetitiva o redundante. Bastaría con enviar la primera de las 720 muestras de cada línea activa, en vez de enviar las 719 restantes y transmitir un código que indica cuantas veces se repiten esas muestras.

En este caso, se reduce el flujo de datos y por ende la velocidad binaria de ese flujo. Este es un ejemplo genérico de compresión, aunque el proceso que se emplea es diferente.

La idea, es codificar las muestras que se repiten dentro de la misma imagen, con pocos bits y a la inversa las muestras que tienen poca repetición o redundancia dentro de la misma imagen, codificarlas con muchos bits.

5.5 Codificación espacial.

La redundancia espacial, como hemos visto, es la que existe dentro de la misma imagen. El proceso de codificación intra cuadro o más comunemente denominado espacial, es el que reduce este tipo de redundancia.

En el Capítulo 6 se analizarán con más detalle, los distintos procesos empleados en la compresión MPEG-2. Pero a fin de ir comprendiendo los distintos tipos de codificación y como se reducen los distintos tipos de redundancia, iremos analizando los conceptos fundamentales.

En la Figura 5.6, se representa un diagrama simple de un Codificador o Compresor MPEG-2, para eliminar la redundancia espacial. A continuación, analizaremos cada una de las etapas que lo conforman.

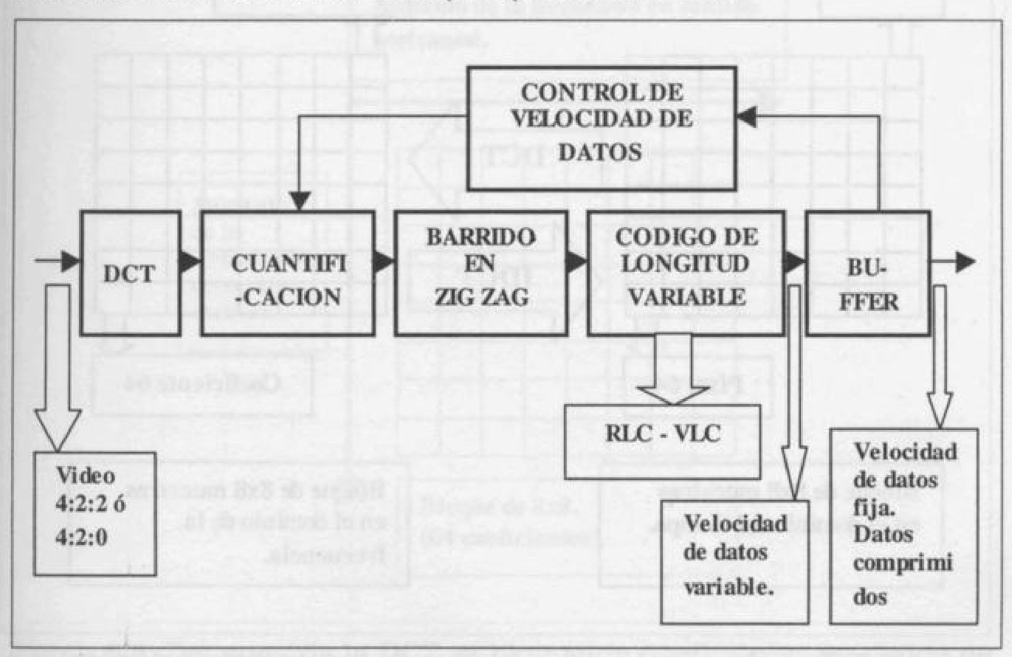


Figura 5.6. Diagrama de un codificador MPEG-2 para eliminar la redundancia espacial.

5.5.1 La Transformada del Coseno Discreto.

En el diagrama de la Figura 5.6, la señal de entrada en 4:2:2 ó 4:2:0 ingresa al codificador en bloques de 8x8 muestras de pixeles. Cada bloque de luminancia o croma, está conformado por 8 filas x 8 columnas, teniendo un total de 64 muestras de pixeles por bloque.

Tres etapas fundamentales conforman este tipo de codificador. La primera de ellas es la Transformada del Coseno discreto (DCT). En esta etapa se preparan los bloques para la compresión.

El proceso DCT, consiste en aplicar una Transformada de Fourier a cada muestra de pixel de cada bloque de 8x8. Como resultado, el bloque se ha transformado del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. En este caso, en vez de muestras de pixeles tenemos coeficientes.

En la Figura 5.7 se representa un bloque de 8x8 muestras de pixeles y su transformación por la DCT.

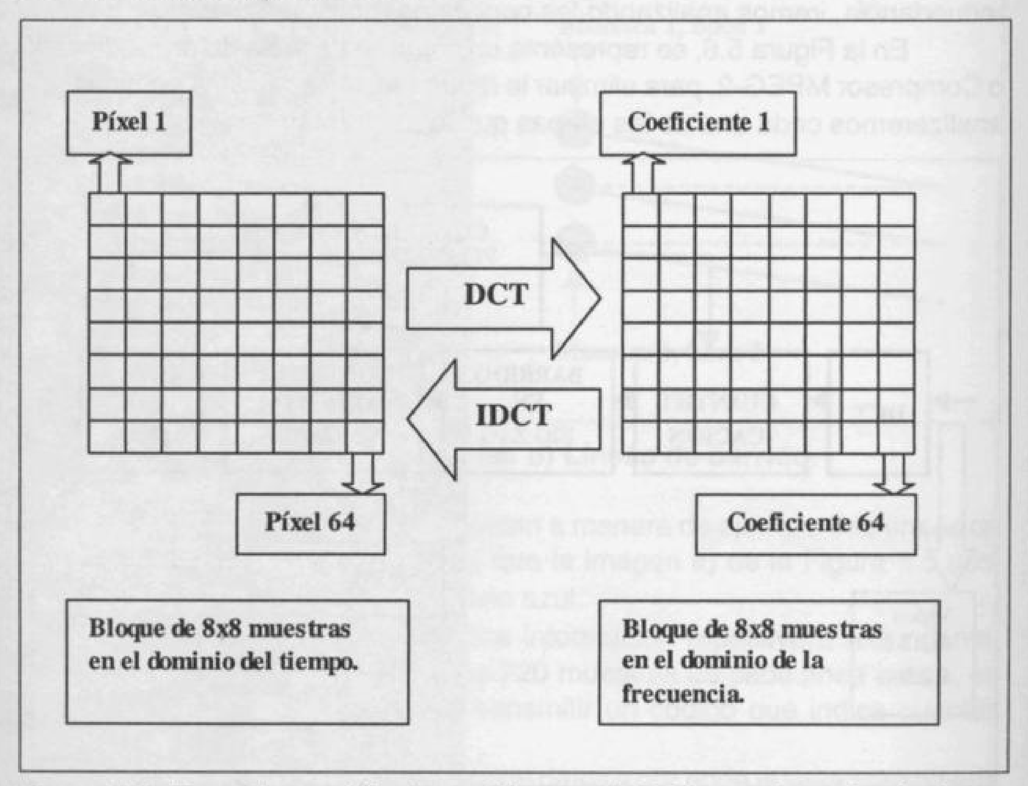


Figura 5.7. Transformación de un bloque de 8x8 muestras de pixeles a un bloque de 8x8 coeficientes, mediante la DCT.

Los coeficientes asi obtenidos describen las características de una frecuencia espacial y facilitan el proceso de compresión.

La DCT, provee la misma información que la de los pixeles originales, pero de una manera más eficiente para efectuar la compresión.

Después del proceso DCT, algunos coeficientes resultan ser ceros o valores cercanos a cero, pero la información que transportan, es la misma que tenían las muestras de pixeles originales. De esta manera, estos ceros no necesitan ser transmitidos.

Una vez efectuado el proceso DCT, las áreas de la matriz de 8x8 coeficientes, aumentan de frecuencia en sentido horizontal de izquierda a derecha y en sentido vertical de arriba hacia abajo, ver Figura 5.8.

El proceso de la DCT es reversible o sea que la DCT inversa transforma los bloques de 8x8 coeficientes a bloques de 8x8 muestras de pixeles, sin perder la información original. Para comprender mejor esto, la transformación inversa (IDCT), nos permite pasar del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo. De esta manera, volvemos a tener el bloque de 8x8 muestras de pixeles originales.

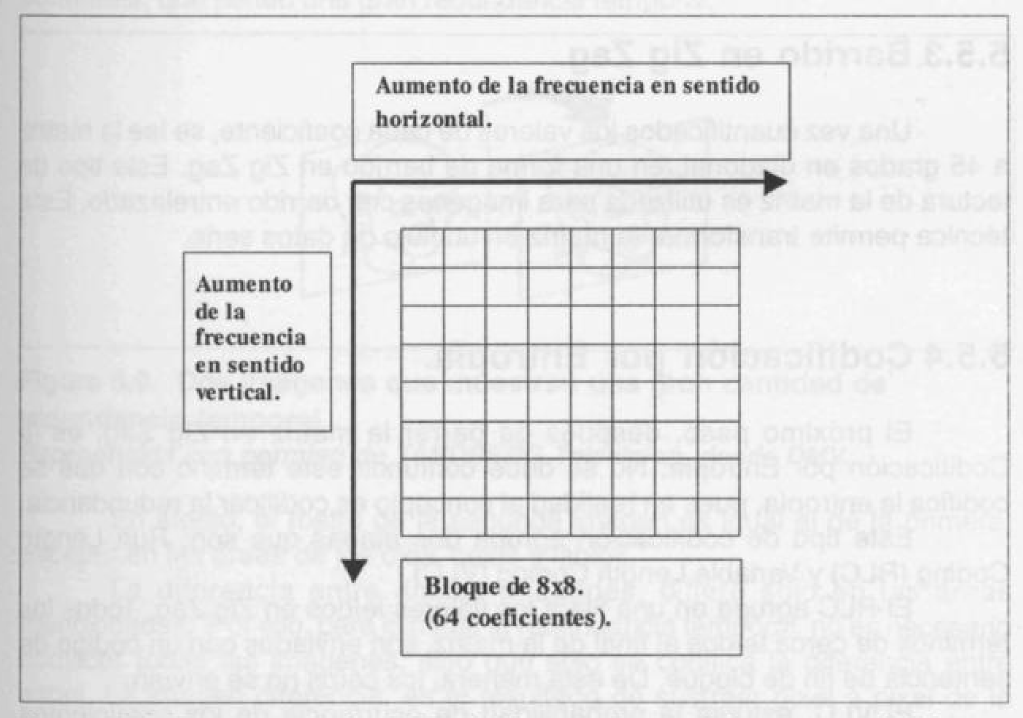


Figura 5.8. Despues de la DCT, el bloque de coeficientes se divide en zonas de baja y alta frecuencia.

5.5.2 Cuantificación.

Una vez que se ha aplicado la DCT, el próximo paso en el proceso de compresión, es la Cuantificación. Aquí, es donde realmente se efectúa la reducción de datos o lo que es lo mismo se reduce la redundancia espacial de cada imagen.

Al tener definidas zonas de alta y baja frecuencia producidas por la DCT, cada coeficiente de la matriz puede ser cuantificado en forma distinta a los demás.

En el Capítulo 6, se verá este concepto con mayor profundidad. El proceso, consiste en cuantificar con menos bits a los coeficientes de la matriz que están en la zona de alta frecuencia. Esto es debido a que el ojo es poco sensible al ruido en estas frecuencias.

A la inversa, se cuantifica con más bits a cada coeficiente que se encuentra en la zona de baja frecuencia. En esta zona el ojo es más sensible al ruido.

5.5.3 Barrido en Zig Zag.

Una vez cuantificados los valores de cada coeficiente, se lee la matriz a 45 grados en diagonal, en una forma de barrido en Zig Zag. Este tipo de lectura de la matriz es utilizada para imágenes con barrido entrelazado. Esta técnica permite transformar la matriz en un flujo de datos serie.

5.5.4 Codificación por Entropía.

El próximo paso, después de barrer la matriz en Zig Zag, es la Codificación por Entropía. No se debe confundir este término con que se codifica la entropía, pues en realidad el concepto es codificar la redundancia.

Este tipo de codificación agrupa dos etapas que son: Run Length Coding (RLC) y Variable Length Coding (VLC).

El RLC agrupa en una fila a los valores leídos en Zig Zag. Todos los términos de ceros leídos al final de la matriz, son enviados con un código de sentencia de fin de bloque. De esta manera, los ceros no se envían.

El VLC, estudia la probabilidad de ocurrencia de los coeficientes agrupados en la fila.

Puede ocurrir que algunos de los coeficientes tengan mayor probabilidad de aparición que otros. Esta información estadística es utilizada para lograr otra forma de compresión. Esto se logra mediante el proceso VLC, que asigna códigos de bits más cortos a los valores de los coeficientes que tienen mayor probabilidad de aparición. A la inversa, se asignan códigos largos a los valores de los coeficientes que tienen menor probabilidad de aparición. Esta es otra forma de reducción de bits.

A la salida del VLC la velocidad de datos es variable, razón por la que se intercala un Buffer realimentado con el Cuantificador, a fin de regular la velocidad del tren de datos comprimido. A la salida del Buffer, se obtiene una velocidad fija de ese flujo de datos.

5.6 Redundancia temporal.

La redundancia temporal, se encuentra entre las sucesivas imágenes de una secuencia. En la Figura 5.9 se representa un ejemplo de dos imágenes contínuas, que tienen una gran redundancia temporal.

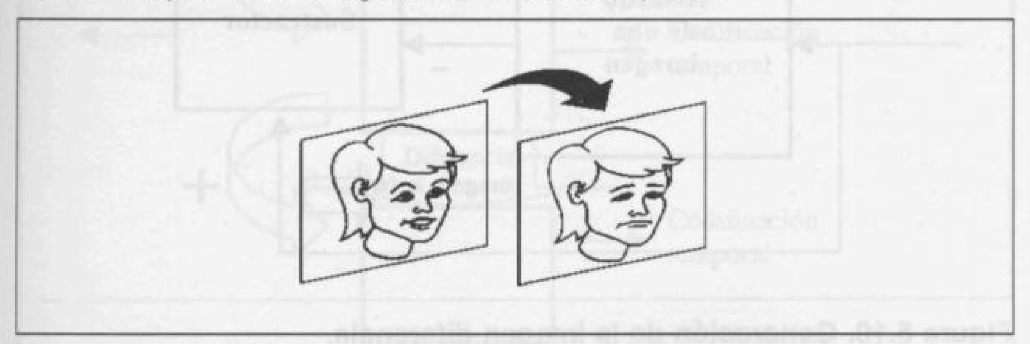


Figura 5.9. Dos imágenes que muestran una gran cantidad de redundancia temporal.
Reproducida con permiso de TANDBERG Television, desde DMV.

En efecto, el rostro de la segunda imagen es igual al de la primera, excepto en las áreas de los ojos, cejas y labios.

La diferencia entre ambas imágenes, difiere solo en las áreas mencionadas. Por ello, para eliminar la redundancia temporal, no es necesario codificar todas las imágenes, sino que solo se codifica la diferencia entre estas. La imagen diferencia, es el resultado de sustraer pixel a pixel de la imagen actual la imagen previa.

En la Figura 5.10 se muestra el proceso para obtener la imagen dife-

rencia.

La imagen actual de entrada es aplicada al sustractor, previo retardo de una imagen. De esta forma, a la entrada (-) del sustractor tenemos la imagen previa.

Por la entrada (+) del sustractor ingresa la imagen actual. A esta se le sustrae la imagen previa para obtener la imagen diferencia. Tengamos en cuenta que este proceso se efectúa pixel a pixel y en bloques de 8x8 pixeles.

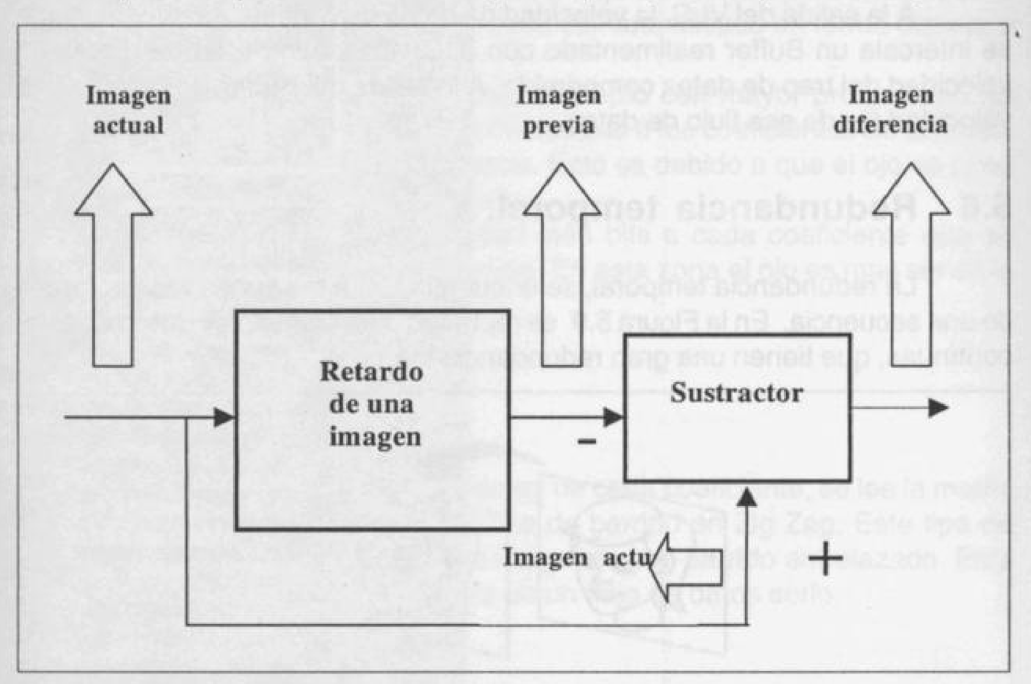


Figura 5.10. Generación de la imagen diferencia.

Para obtener el pixel previo, al pixel actual se lo retarda un pixel.

A este tipo de codificación se la denomina inter cuadros o temporal.

En la Figura 5.11, se muestra una secuencia de imágenes en MPEG-2 y la forma de como estas se codifican. Una secuencia siempre comienza con una imagen (I). A esta imagen se la comprime, como habíamos mencionado anteriormente, en forma espacial. Luego, se aplica la compresión temporal, enviando solo la diferencia que se suceden entre las sucesivas imágenes. Un error dentro de esta secuencia, solo se propaga hasta la última imagen del grupo de imágenes (GOP).

Más adelante, veremos el concepto de estas imágenes utilizadas en MPEG-2.

A continuación, arranca una nueva secuencia de un grupo de imágenes, siendo siempre la primera una imagen (I).

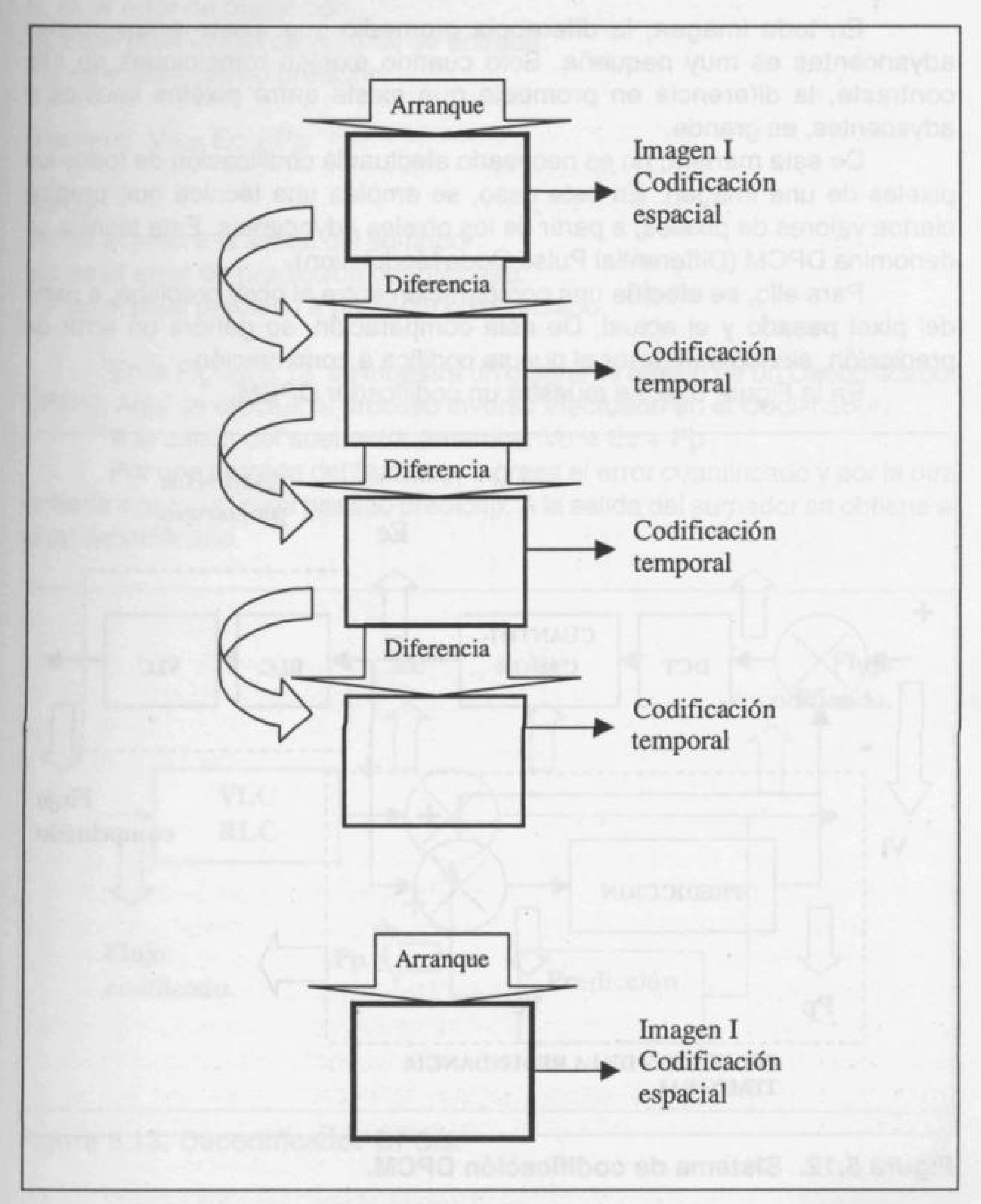


Figura 5.11. Secuencia de codificación de las imágenes en MPEG-2.

5.7 Redundancia estadística.

En toda imagen, la diferencia promedio que existe entre pixeles adyancentes es muy pequeña. Solo cuando existen transiciones de alto contraste, la diferencia en promedio que existe entre pixeles vecinos o adyacentes, es grande.

De esta manera, no es necesario efectuar la codificación de todos los pixeles de una imagen. En este caso, se emplea una técnica que predice ciertos valores de pixeles, a partir de los pixeles adyacentes. Esta técnica se denomina DPCM (Differential Pulse Code Modulation).

Para ello, se efectúa una comparación entre el pixel predicho, a partir del pixel pasado y el actual. De esta comparación, se genera un error de predicción, siendo este error el que se codifica a continuación.

En la Figura 5.12 se muestra un codificador DPCM.

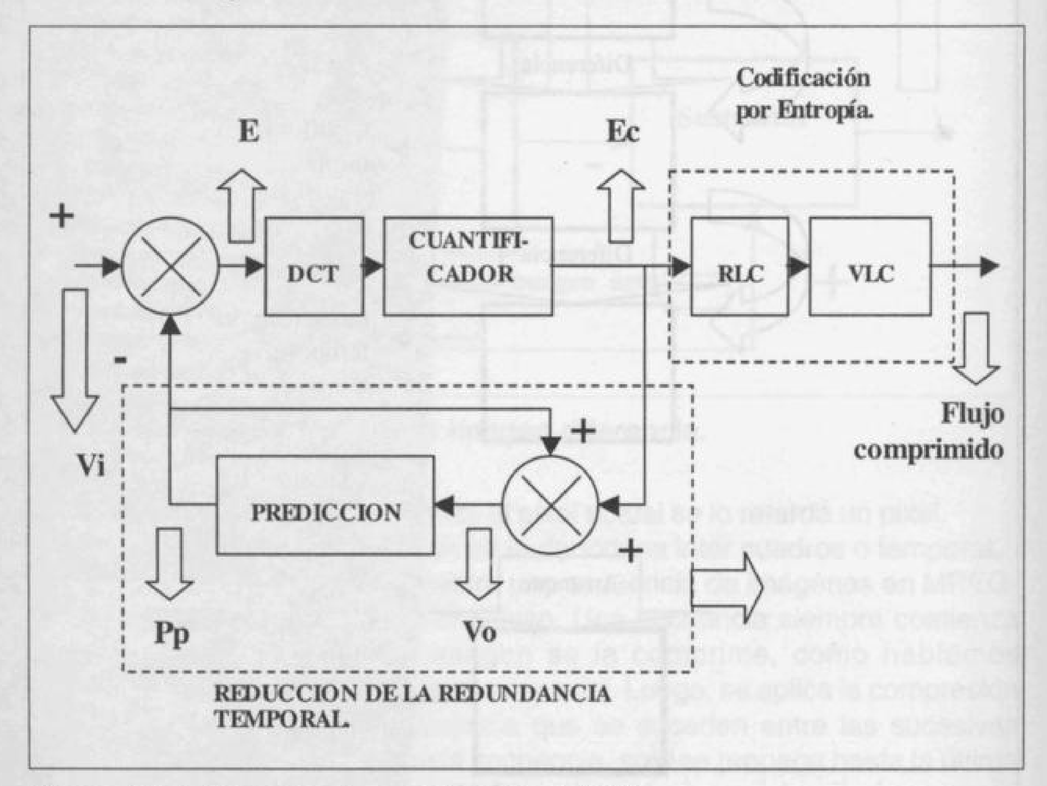


Figura 5.12. Sistema de codificación DPCM.

De la Figura 5.12 vemos que: el error de predicción E = Vi - Pp
donde:
E: es el error de predicción.
Vi: Es el pixel actual de la señal de entrada.
Pp: es el pixel previo predicho.

A su vez; Vo = Ec + Pp

donde;
Vo: es el pixel a la salida del sumador.
Ec: es el error de predicción cuantificado.
Pp: es el pixel predicho a partir del pixel pasado.

En la Figura 5.13 se muestra un diagrama básico de un Decodificador DPCM. Aquí se efectúa el proceso inverso efectuado en el Codificador.

A la salida del sustractor tenemos: Vo = Ec + Pp

Por una entrada del Sumador ingresa el error cuantificado y por la otra entrada ingresa el pixel pasado predicho. A la salida del sumador se obtiene el pixel decodificado.

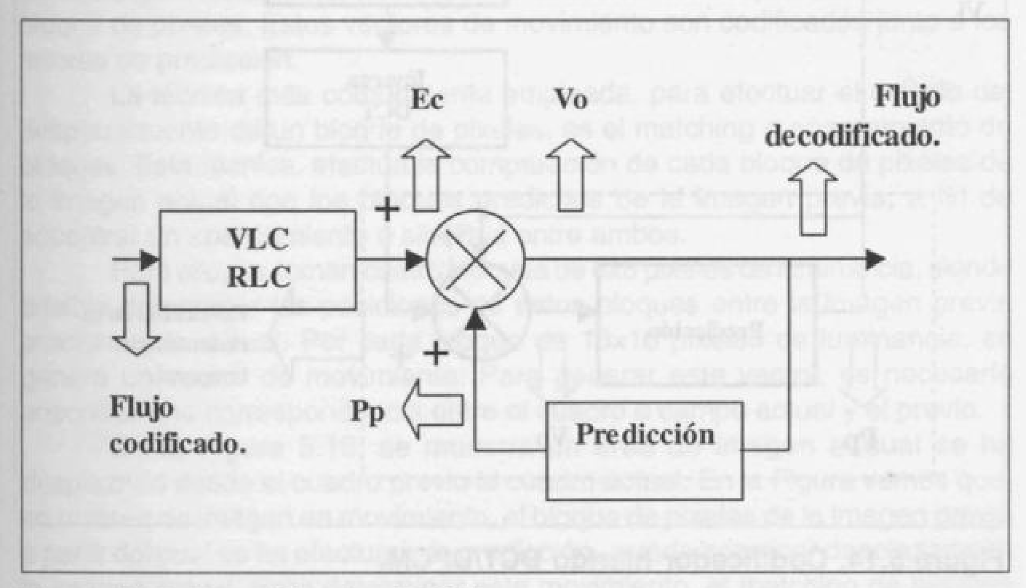


Figura 5.13. Decodificador DPCM.

5.8 Codificador hibrido DCT/DPCM.

A efectos de reducir la redundancia espacial y temporal, se emplea un Codificador hibrido DCT/DPCM.

En la Figura 5.14 se muestra un Codificador de este tipo.

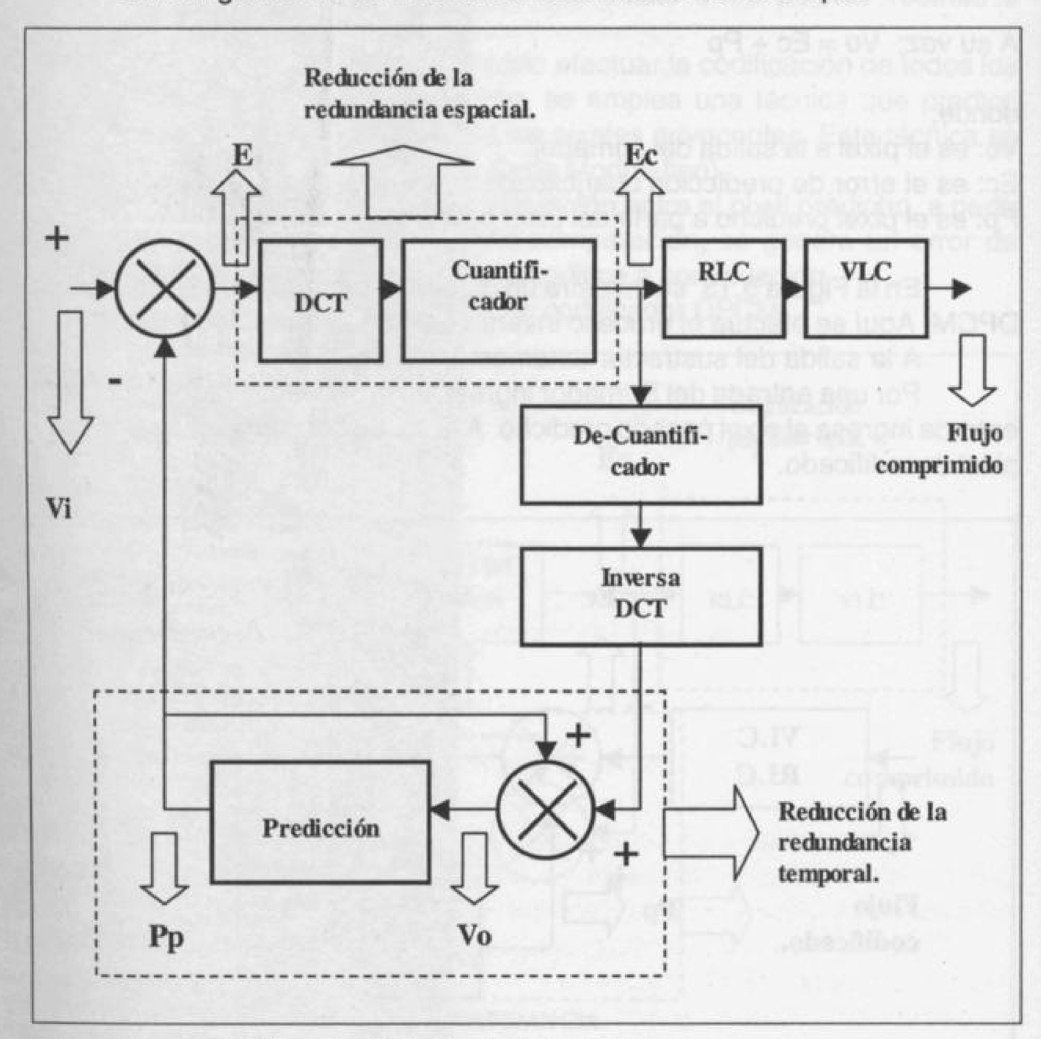


Figura 5.14. Codificador hibrido DCT/DPCM.

La redundancia espacial es reducida por la acción de la DCT y el Cuantificador. La DCT como se había mencionado, solo prepara el bloque para la compresión, no efectuando reducción de bits alguna.

Para efectuar la predicción, se toman en bloques de 8x8 los coeficientes cuantificados y se efectúa el proceso inverso. Esto implica efectuar la Decuantificación y DCT inversa de los bloques. Una vez obtenidos los bloques de pixeles previos o pasados, se efectúa la predicción.

La redundancia temporal es reducida por la codificación del error de predicción y la compensación de movimiento.

Una vez reducida la redundancia espacial y/o temporal, la Codificación por Entropía (RLC-VLC), produce la última reducción de datos.

5.9 Predicción y Compensación de Movimiento.

Cuando existe un área de imagen con un objeto en movimiento, la predicción desde el campo o cuadro previo al cuadro actual puede ser incorrecta. En este caso, el error de predicción puede ser grande.

A fin de aumentar la exactitud en la predicción, este problema es resuelto mediante una técnica denominada Compensación de Movimiento.

Aquí, se genera un vector de movimiento para cada bloque de pixeles de la imagen. Este vector nos indica la dirección del desplazamiento de ese bloque de pixeles. Estos vectores de movimiento son codificados junto a los errores de predicción.

La técnica más comunmente empleada, para efectuar el calculo del desplazamiento de un bloque de pixeles, es el matching o apareamiento de bloques. Esta técnica, efectúa la comparación de cada bloque de pixeles de la imagen actual con los bloques predichos de la imagen previa, a fin de encontrar un apareamiento o similitud entre ambos.

Para ello, se toman cuatro bloques de 8x8 pixeles de luminancia, siendo posible determinar las posiciones de estos bloques entre la imagen previa predicha y la actual. Por cada bloque de 16x16 pixeles de luminancia, se genera un vector de movimiento. Para generar este vector, es necesario encontrar una correspondencia entre el cuadro o campo actual y el previo.

En la Figura 5.15, se muestra un área de imagen el cual se ha desplazado desde el cuadro previo al cuadro actual. En la Figura vemos que, en un área de imagen en movimiento, el bloque de pixeles de la imagen previa a partir del cual se ha efectuado la predicción, puede aparecer desplazada en la imagen actual. Para determinar este movimiento, el matching de bloques conforma una ventana de búsqueda formada por otro bloque de pixeles. Este comienza a barrer la imagen previa hasta encontrar una similitud con el bloque desplazado de la imagen actual.

Cuando se aparean ambas imágenes, estando el objeto de la imagen actual desplazado de la imagen anterior predicha, se genera un vector de movimiento.

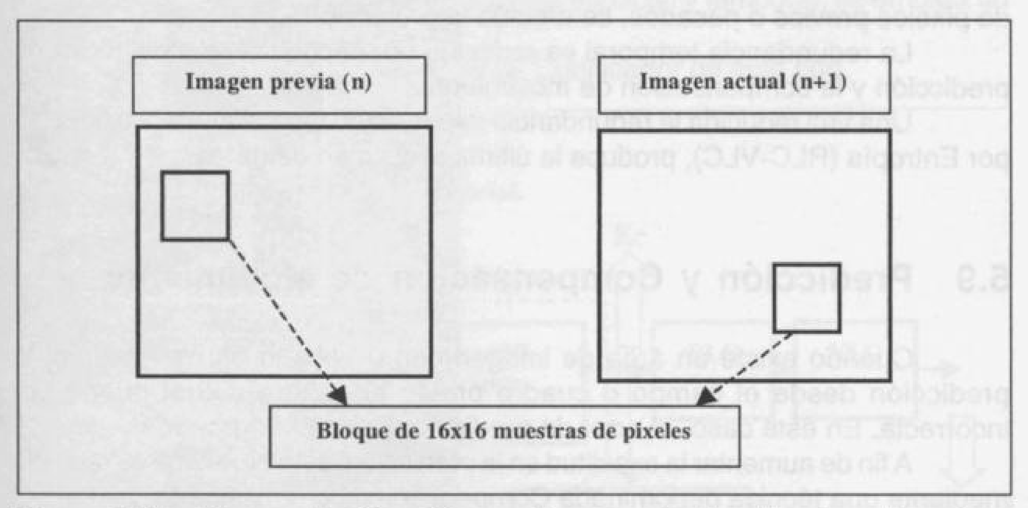


Figura 5.15. Bloque de 16 x 16 muestras de pixeles desplazado entre la imagen previa y la actual.

En síntesis, el proceso es como sigue; se predice una imagen (n), se la desplaza en movimiento y se la almacena en memoria. Cuando llega la proxima imagen (n+1), se la compara con la imagen (n) almacenada en memoria. Para ello se genera una ventana de búsqueda conformada por un bloque de 16x16 pixeles, el cual tomando como referencia el cuadro actual (n+1), comienza a barrer toda la imagen en bloques de 16x16 pixeles en la imagen (n).

Pueden ocurrir dos cosas; que el bloque de pixeles esté en la misma posición en ambas imágenes. En este caso el objeto no se ha desplazado siendo el error de predicción igual a cero. Si el bloque de pixeles está en distinta posición en ambas imágenes, como en la Figura 5.15, significa que ha habido un desplazamiento del objeto entre una imagen y la siguiente. Para ello, se efectúa el apareamiento generándose un vector de movimiento.

En este caso, se codifica el error de predicción y el vector de movimiento.

El problema que presenta el matching o apareamiento de bloques, es la complejidad del hardware y software utilizados. Esto es debido a la gran cantidad de cálculos que se deben efectuar para realizar la búsqueda..

Una solución a este problema, es generar una ventana de búsqueda

mayor a la del bloque y en una primera pasada se ubica en forma aproximada donde se encuentra el mismo. A continuación, se utiliza una segunda ventana de búsqueda más pequeña o del tamaño del bloque, para ubicar con exactitud al mismo. En la Figura 5.16, se muestra un bloque de 16x16 pixeles desplazado en movimiento en la imagen actual y el mismo bloque en la ubicación anterior de la imagen previa.

El vector de movimiento, indica la dirección del desplazamiento de un bloque de 16x16 pixeles, entre ambas imágenes.

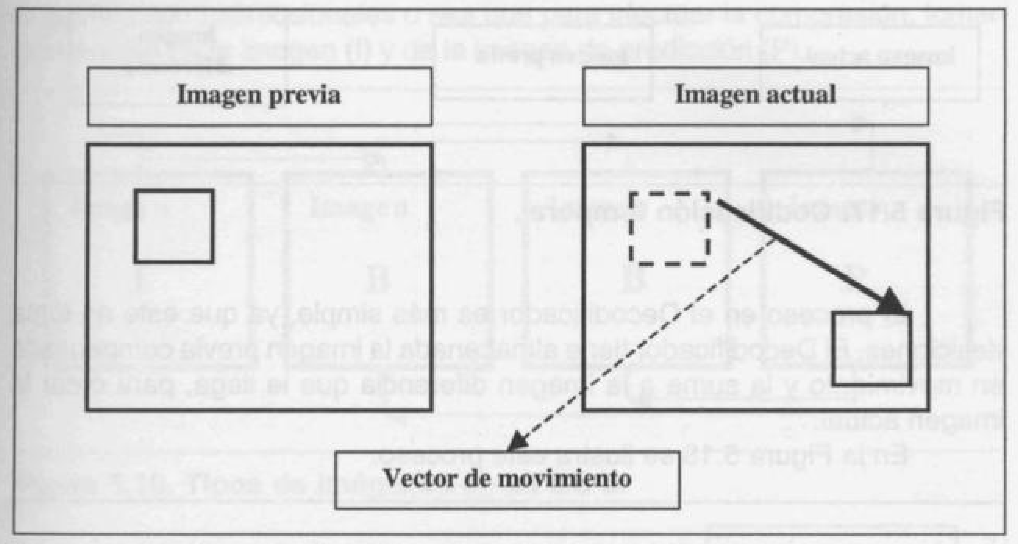


Figura 5.16. Generación del vector de movimiento.

En la codificación temporal, junto a la imagen diferencia, se codifican tambien los vectores de movimiento.

En la Figura 5.17 se muestra la codificación temporal entre dos imágenes.

A la imagen actual, se le sustrae la imagen previa desplazada en movimiento. Como consecuencia, a la salida del sustractor tenemos la imagen diferencia, siendo esta la imagen que se codifica.

A la imagen previa se le ha aplicado un desplazamiento de vectores, haciendo una estimación para determinar en que lugar de la próxima imagen, estarán esos bloques de pixeles.

La codificación temporal como se había visto, se realiza con la imagen diferencia agregandole ahora para codificar el vector de movimiento.

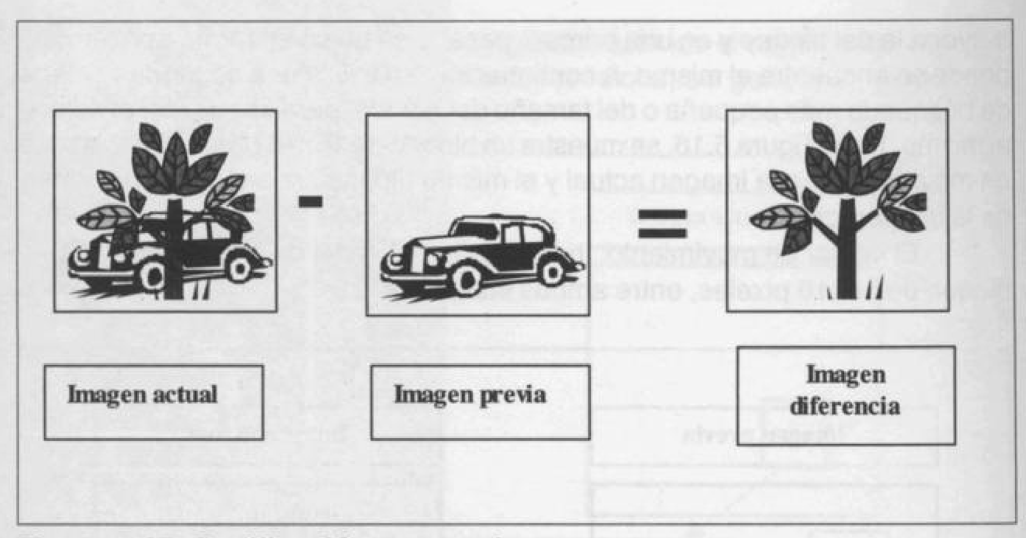


Figura 5.17. Codificación temporal.

El proceso en el Decodificador es más simple, ya que este no toma desiciones. El Decodificador tiene almacenada la imagen previa compensada en movimiento y la suma a la imagen diferencia que le llega, para crear la imagen actual.

En la Figura 5.18 se ilustra este proceso.

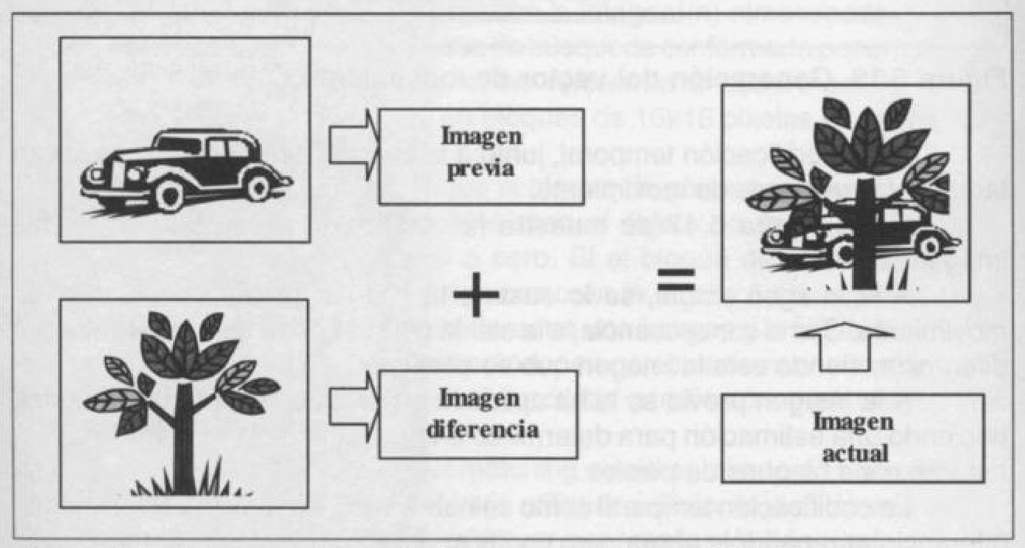


Figura 5.18. Proceso de las imágenes en el Decodificador.

5.10 Imágenes en MPEG-2.

Para efectuar la compresión espacial y temporal de una señal, MPEG-2 toma el video de entrada y lo procesa en tres tipos de imágenes* que son; I, B y P (ver Figura 5.19).

A partir de la imagen (I) actual, se genera una nueva imagen (P) o de predicción. Esta nueva imagen para su formación, toma información de la imagen (I).

A su vez, se generan dos imágenes (B) o de interpolación. Estas imágenes son bidireccionales o sea que para efectuar la compresión, toman información de la imagen (I) y de la imagen de predicción (P).

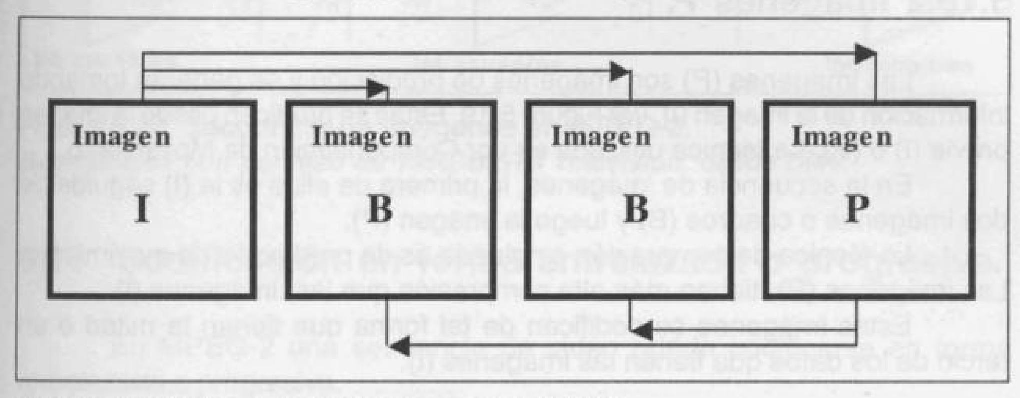


Figura 5.19. Tipos de imágenes en MPEG-2.

A continuación, analizaremos cada una de estas imágenes a fin de ampliar este concepto.

*NOTA: Por simplicidad nos referimos a imágenes, pero en realidad son cuadros o campos, dependiendo como se efectúa la predicción. Más adelante se ampliará este concepto.

5.10.1 Imágenes I.

Este tipo de imágenes son comprimidas en forma espacial. Como habíamos visto, esta codificación reduce la redundancia dentro de la misma imagen, denominándose a esta técnica codificación intra cuadro.

La compresión espacial es utilizada para las imágenes (I) solamente. Estas poseen menos compresión que otras imágenes que le siguen.

Por esto, las imágenes (I) contienen más información que los otros tipos de imágenes.

Las imágenes (I) son enviadas al principio de cada secuencia de video y contienen toda la información para poder luego reconstruir una imagen.

Las imágenes (I) se utilizan como referencia para la codificación de otro tipo de imágenes.

En el Decodificador, estas imágenes se decodifican sin tomar referencia de otras imágenes. La imagen (I) es el punto de partida o referencia de una secuencia de imágenes (B) y (P).

5.10.2 Imágenes P.

Las imágenes (P) son imágenes de predicción y se generan tomando información de la imagen (I), ver Figura 5.19. Estas se predicen desde la imagen previa (I) o (P). La técnica utilizada es por Compensación de Movimiento.

En la secuencia de imágenes, la primera de ellas es la (I) seguida de dos imágenes o cuadros (B) y luego la imagen (P).

La técnica de compresión empleada es de predicción de movimiento. Las imágenes (P) tienen más alta compresión que las imágenes (I).

Estas imágenes se codifican de tal forma que tienen la mitad o un tercio de los datos que tienen las imágenes (I).

5.10.3 Imágenes B.

Observando la Figura 5.19 vemos que entre la imagen (I) y la (P) de predicción, se generan dos imágenes de intercalación (B).

En el estándar MPEG-2, podemos seleccionar la cantidad de imágenes (P) y (B), dentro de dos imágenes (I), de acuerdo con las diferentes tasas de compresión y resolución de movimientos empleados.

Las imágenes (B) son de interpolación y utilizan una predicción de movimiento interpolada. Estas imágenes para su formación, toman información de la imagen actual (I) y de la de predicción (P).

Las imágenes (B) tienen la mayor tasa de compresión. Estas se codifican de tal forma que tienen entre un tercio y la cuarta parte de los datos que contienen las imágenes (P).

En la Figura 5.20 se puede apreciar dos secuencias de imágenes MPEG-2 de 12 cuadros cada una.

Cada una de esta secuencias comienza con una imagen (I), que es comprimida en forma espacial. En las imágenes de predicción se efectúa la compresión temporal, enviando solo la diferencia entre estas.

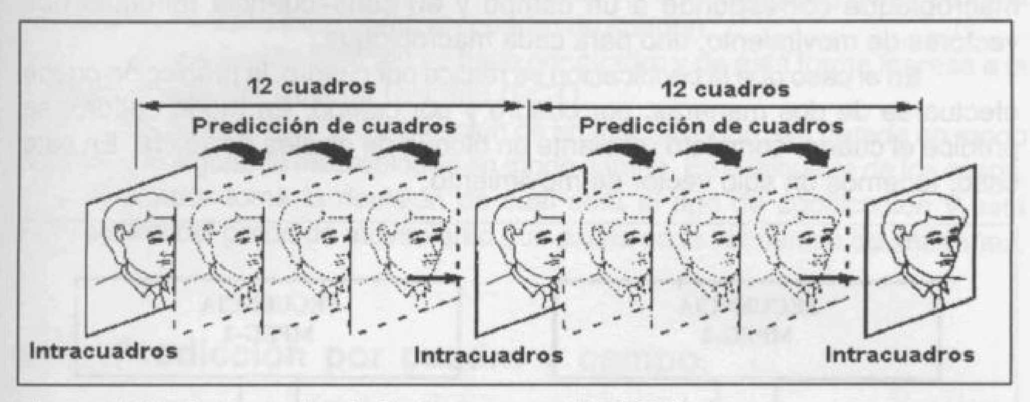


Figura 5.20. Secuencia de imágenes en MPEG-2.
Reproducida con permiso de TANDBERG Television, desde DMV.

5.11 Codificación en forma entrelazada o progresiva.

En MPEG-2 una secuencia de video puede codificarse en forma entrelazada o progresiva.

El tipo de codificación empleado para cada macrobloque, depende del movimiento que ocurre entre las imágenes sucesivas. Un macrobloque en la estructura 4:2:0 está conformado por cuatro bloques de 8x8 muestras de pixeles de luminancia (Y), un bloque de 8x8 muestras de la señal diferencia al azul (Cb) y un bloque de 8x8 muestras de la señal diferencia al rojo (Cr). Mas adelante se ampliará este concepto.

Cuando existe poco movimiento entre las imágenes sucesivas, se adopta la codificación en modo progresivo. En cambio, cuando el movimiento entre las distintas imágenes es importante, se adopta la forma de codificación en modo entrelazado. Esta es la principal diferencia que existe con MPEG-1, donde la codificación se realiza solo en modo progresivo.

Para una mejor interpretación de como los macrobloques serán codificados en MPEG-2, analicemos el diagrama de la Figura 5.21. En la parte a) vemos que si la secuencia de imágenes a codificar poseen un movimiento importante entre ellas, los macrobloques se codifican en modo entrelazado. En este caso, a cada macrobloque se lo trata como campo de imagen o cuadro de imagen.

En el caso que la codificación se efectúe por campo, la predicción de movimiento también se efectúa por campo. En este tipo de predicción, se utilizan dos macrobloques de 16x8 pixeles de luminancia cada uno. Cada macrobloque corresponde a un campo y en consecuencia tenemos dos vectores de movimiento, uno para cada macrobloque.

En el caso que la codificación se realice por cuadro, la predicción puede efectuarse de dos maneras, por cuadro y por campo. En modo cuadro, se predice el cuadro completo mediante un bloque de pixeles de 16x16. En este caso, tenemos un solo vector de movimiento.

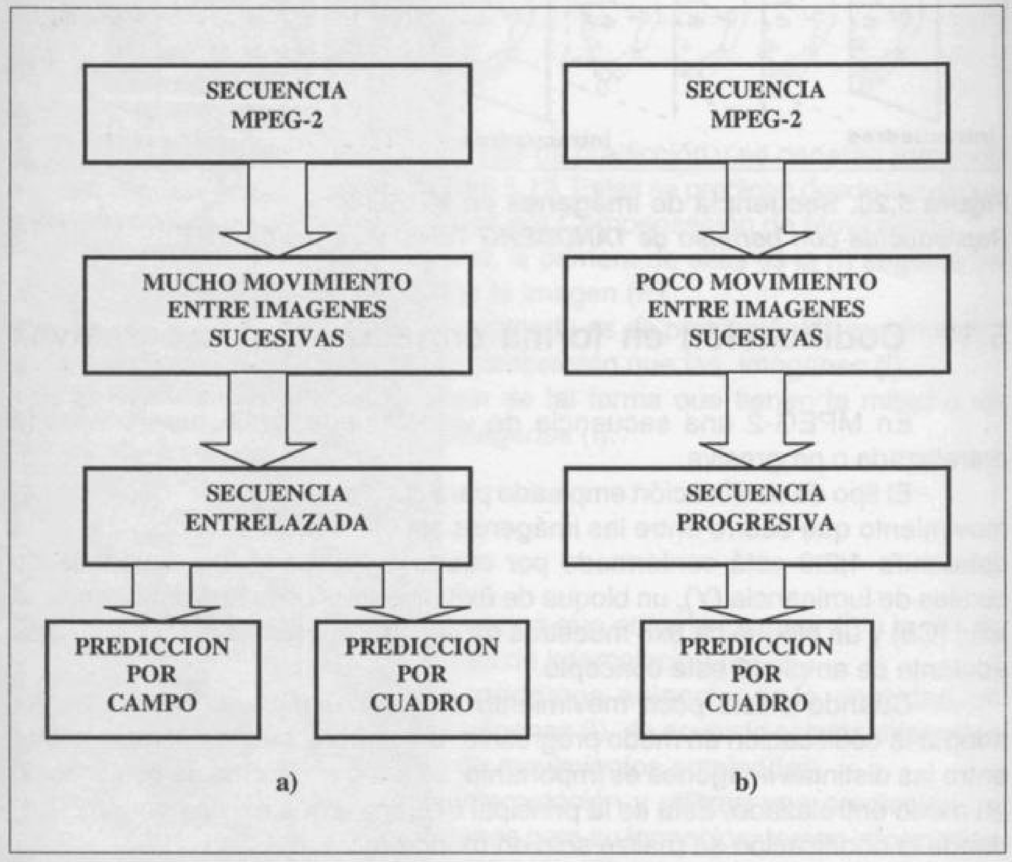


Figura 5.21. Codificación del macrobloque de secuencia entrelazada y progresiva.

La precisión de este vector es de +/- 1/2 pixel, para cualquiera de los dos tipos de predicción de movimiento.

En la parte b) de la Figura 5.21 el diagrama nos muestra la secuencia cuando existe poco movimiento entre las imágenes sucesivas. En este caso, se adopta para el macrobloque la codificación en modo progresivo. Aquí al *macrobloque se lo trata como un cuadro de imagen.*

La predicción también se hace por cuadro y de esta forma ingresa a la Transformada del Coseno Discreto (DCT).

Es posible que la codificación de un macrobloque sea tratada en modo cuadro y el siguiente macrobloque en modo campo. En cualquiera de los casos, el Codificador toma la decisión de cual será el tipo de codificación y está dependerá del grado de movimiento que exista en la secuencia de imágenes.

5.12 Predicción por cuadro y campo.

De acuerdo a lo visto, la predicción de movimiento puede efectuarse por cuadro o por campo.

En la Figura 5.22 se muestra un diagrama para ilustrar la predicción por cuadro. Obsérvese que la predicción es igual a la de la Figura 5.19, solo que en cada imagen se han incluido los dos campos. Aqui la predicción se hace por cuadro completo. El macrobloque de luminancia es de 16x16 pixeles y tiene un vector de movimiento.

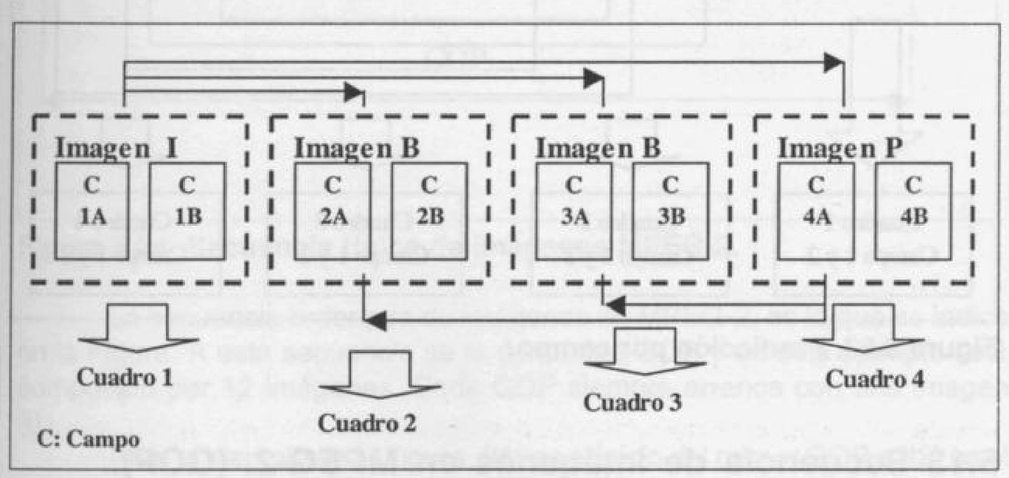


Figura 5.22. Predicción por cuadro.

En la predicción por campo, esta se efectúa por cada campo por separado. En la Figura 5.23 se muestra un diagrama de este tipo de predicción.

El campo 1 de la imagen (P) toma información de los campos 1 y 2 de la imagen (I). De la misma manera, el campo 2 de la misma imagen (P) toma información de los campos 1 y 2 de la imagen (I). Con este mismo criterio, las imágenes (B) toman la información de la imagen (P) y la imagen (I).

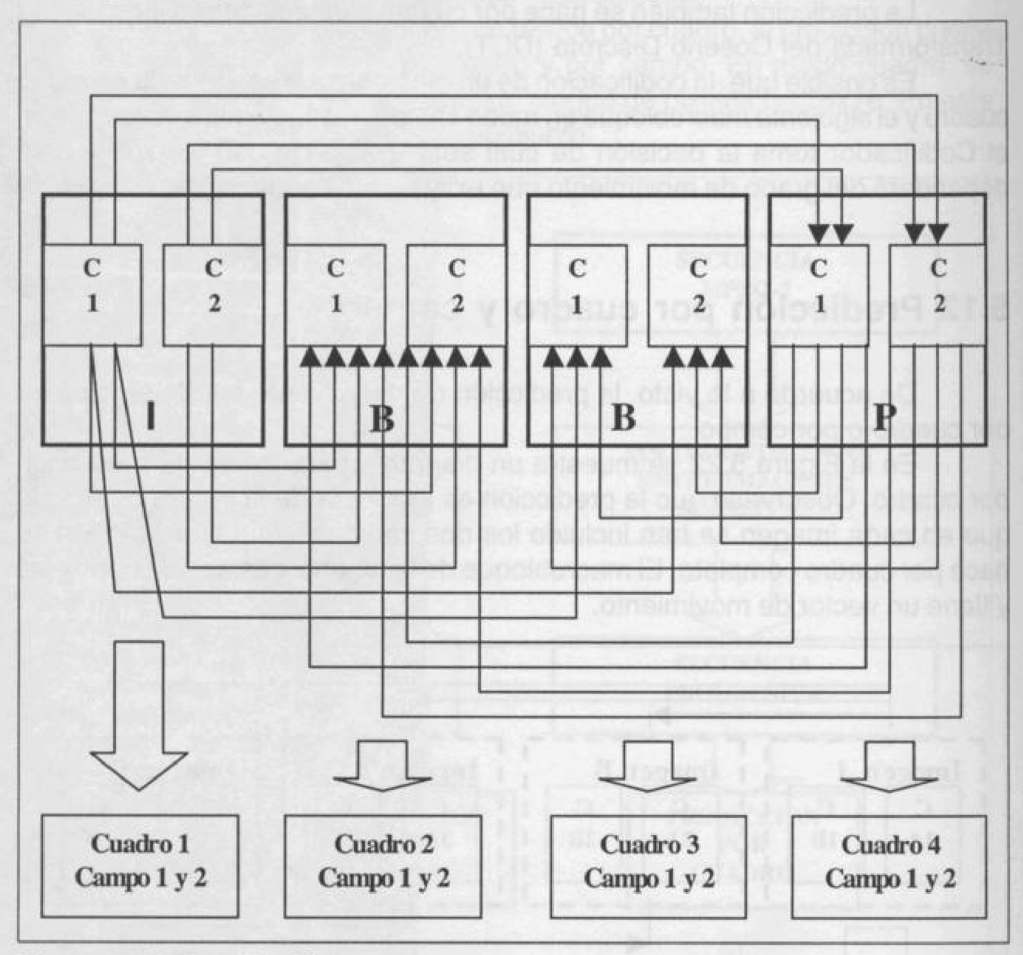


Figura 5.23. Predicción por campo.

5.13 Secuencia de imágenes en MPEG-2. (GOP).

En MPEG-2, la secuencia formada por las imágenes I, B y P está compuesta por 12 imágenes y se la denomina GOP (Group Of Pictures). Esta secuencia tiene una duración de ½ segundo.

O sea que, dos secuencias de este tipo duran un segundo y está compuesta por 24 imágenes.

En la Figura 5.24 se muestra una secuencia completa de 12 imágenes en MPEG-2.

Notese que la segunda secuencia (GOP) de 12 imágenes comienza con una imagen (I), denominada en este caso (I2).

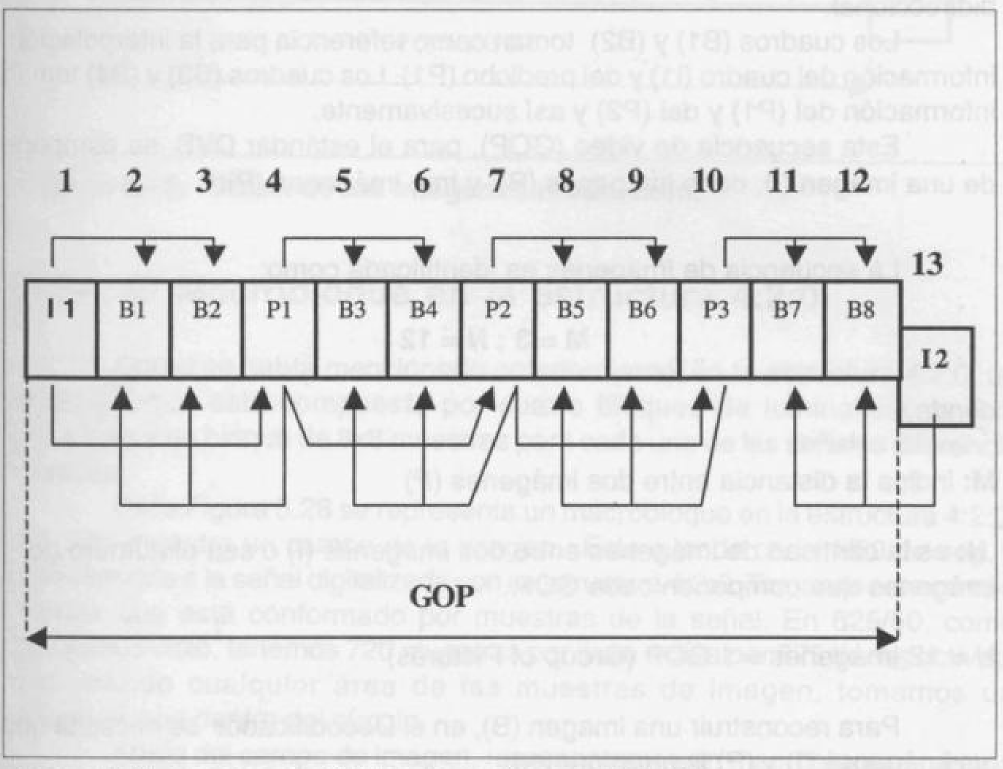


Figura 5.24. Secuencia típica de imágenes MPEG-2.

La secuencia ordenada de imágenes en MPEG-2, es la que se indica en la Figura. A esta secuencia se la denomina GOP y en este ejemplo está compuesto por 12 imágenes. Cada GOP siempre arranca con una imagen (I).

Para el ejemplo de la Figura, (I1) es el inicio del primer GOP e (I2) es el inicio del segundo GOP.

La primer imagen de predicción (P) es (P1). Esta toma información para la predicción de (I1). La segunda imagen de predicción es (P2). Esta toma referencia para su formación de la imagen anterior (P1).

La tercer imagen (P3) toma información de la imagen anterior (P2). Este tipo de predicción se denomina hacia delante.

Cualquier error de predicción en estas imágenes se propaga dentro del mismo GOP. Este error ya no estará en el siguiente GOP y por esto los cuadros o imágenes (I) actuan como cuadros ancla.

Las imágenes bidireccionales (B) o de interpolación toman información de la imagen anterior y de la posterior. A este tipo de predicción se la denomina bidireccional.

Los cuadros (B1) y (B2) toman como referencia para la interpolación, información del cuadro (I1) y del predicho (P1). Los cuadros (B3) y (B4) toman información del (P1) y del (P2) y así sucesivamente.

Esta secuencia de video (GOP), para el estándar DVB, se compone de una imagen (I), ocho imágenes (B) y tres imágenes (P).

La secuencia de imágenes es identificada como:

M = 3 ; N = 12

donde;

M: indica la distancia entre dos imágenes (P)

N: es la canticad de imágenes entre dos imágenes (I) o sea el número de imágenes que componen cada GOP..

N = 12 Imágenes = 1 GOP (Group of Pictures)

Para reconstruir una imagen (B), en el Decodificador se necesita que las imágenes (I) y (P) lleguen primero.

El tratamiento de las imágenes cuando ingresan al Decompresor del Decodificador, requiere que el orden de llegada sea IPBB.

El nuevo orden es el indicado en la Figura 5.25.

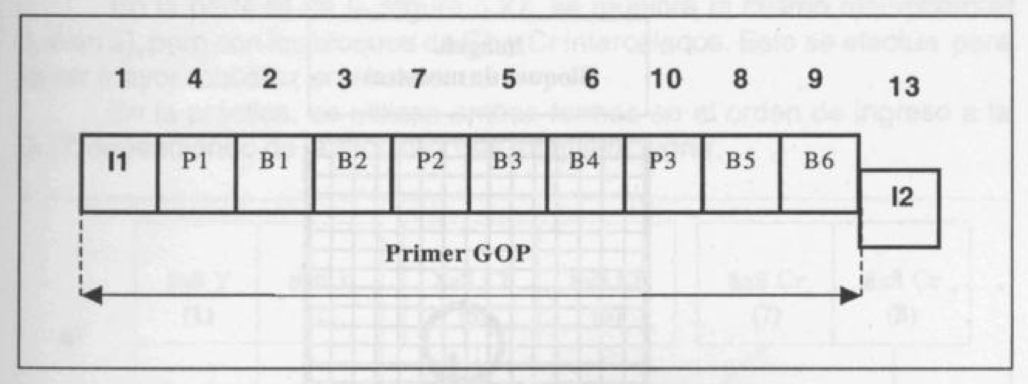


Figura 5.25. Orden de las imágenes modificado.

5.14 El Macrobloque en la estructura 4:2:0.

Como se había mencionado anteriormente, en la estructura 4:2:0, un macrobloque está compuesto por cuatro bloques de luminancia de 8x8 muestras y un bloque de 8x8 muestras para cada una de las señales diferencia de color.

En la Figura 5.26 se representa un macrobloque en la estructura 4:2:0. Aqui se muestra un campo de la imagen. Este sucede cada 1/50 de seg. y corresponde a la señal digitalizada con la estructura 4:2:0. Tomando este campo vemos que está conformado por muestras de la señal. En 625/50, como habíamos visto, tenemos 720 muestras por línea activa por 575 líneas activas. *Analizando cualquier área de las muestras de imagen, tomamos un* macrobloque dentro del círculo.

Abajo del campo de imagen, representamos un macrobloque y vemos que para la estructura 4:2:0, este está conformado por 384 muestras en total. De este total de muestras, 256 corresponden a la luminancia (Y). Esto se debe a que son cuatro bloques de 8x8 muestras de pixeles cada uno o sea 64 x 4 = 256.

Para cada una de las señales diferencia de color tenemos 64 muestras Esto es debido a que, cada bloque está compuesto por 8x8 muestras de pixeles = 64 muestras.

El procesamiento del macrobloque en los distintas secuencias de la compresión de la señal, se efectúa en bloques de 8x8, como veremos más adelante.

Los números entre paréntesis, indican el orden en que son procesados los bloques por la Transformada del Coseno Discreto..

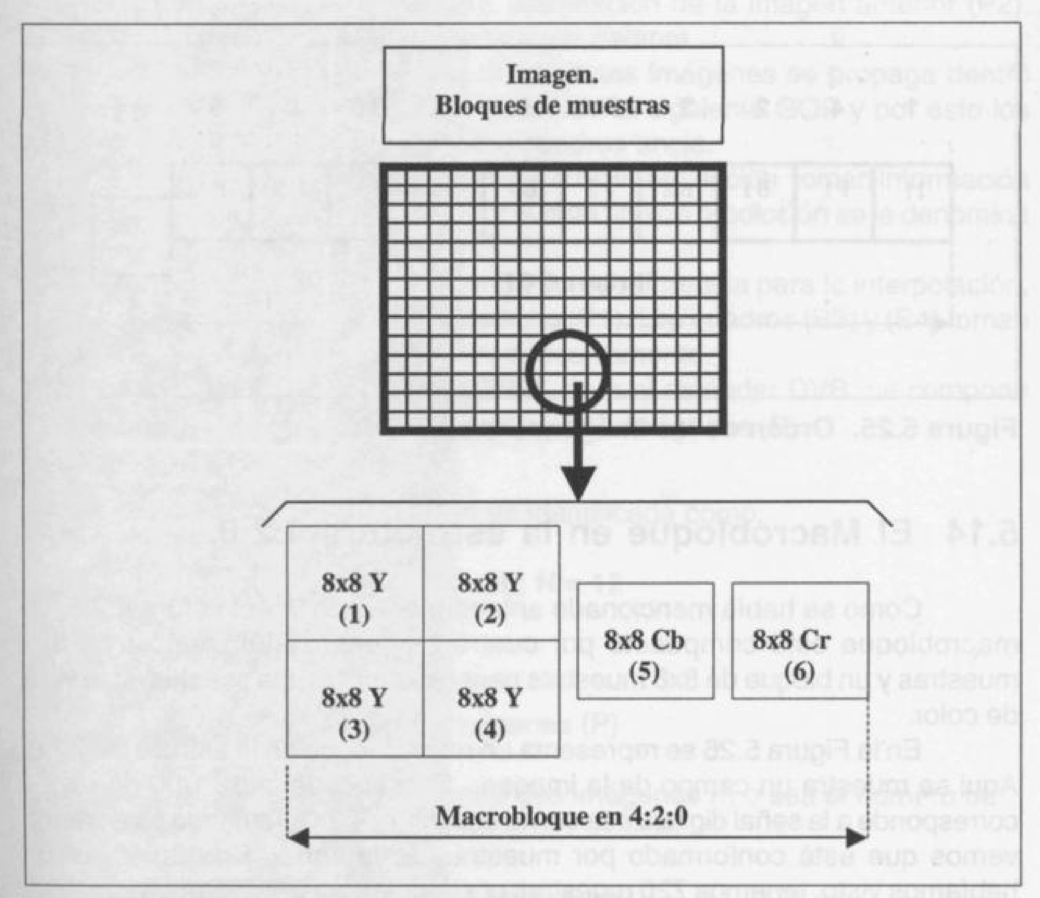


Figura 5.26. El macrobloque en la estructura 4:2:0.

5.15 El macrobloque en la estructura 4:2:2.

La Figura 5.27 a) representa un macrobloque en la estructura de muestreo 4:2:2.

Aquí el macrobloque está formado por cuatro bloques de 8x8 muestras de luminancia (Y) y dos bloques de 8x8 muestras para cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr.

Un macrobloque, en la estructura 4:2:2, está compuesto por 512 muestras. De este total, 256 muestras corresponden a la luminancia (Y), 128 muestras a (Cb) y 128 muestras a (Cr).

En la parte b) de la Figura 5.27, se muestra el mismo macrobloque que en a), pero con los bloques de Cb y Cr intercalados. Esto se efectúa para lograr mayor robustez en el sistema.

En la práctica, se utilizan ambas formas en el orden de ingreso a la DCT, dependiendo de la robustez que se quiera lograr.

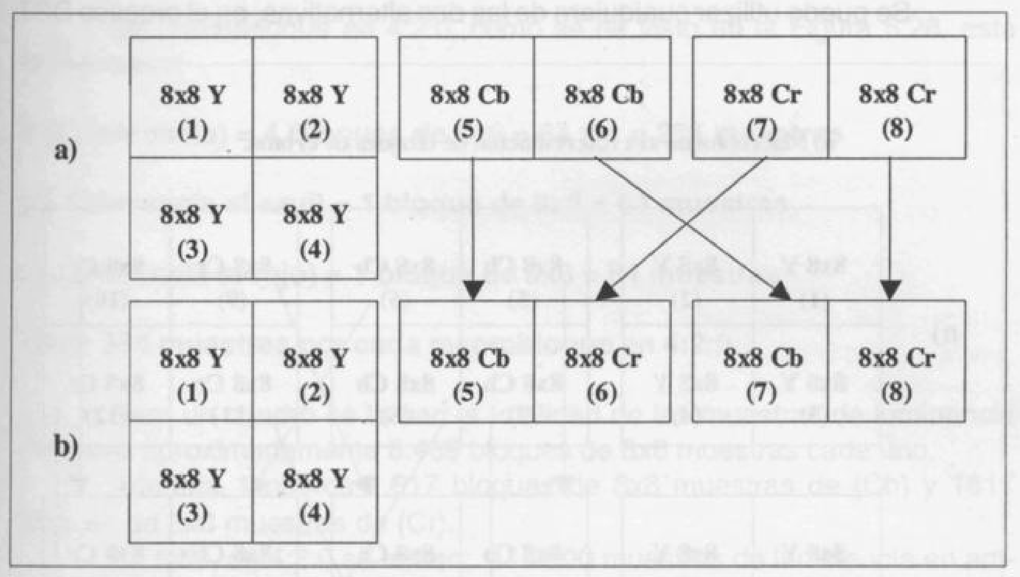


Figura 5.27. El macrobloque en la estructura 4:2:2.

5.16 El macrobloque en la estructura 4:4:4.

Un macrobloque, en la estructura 4:4:4, se compone de cuatro bloques de 8x8 muestras de luminancia (Y), cuatro bloques de 8x8 muestras de (Cr) y cuatro bloques de 8x8 muestras de (Cb).

En total tenemos 768 muestras, de las cuales se dividen en:

- 256 muestras de (Y).
- 256 muestras de Cb.
- 256 muestras de Cr.

En la Figura 5.28 a) se muestra un macrobloque en la estructura 4:4:4.

Aquí también, los números entre paréntesis indican el orden en que serán procesados los bloques por la DCT.

En la parte b) de la misma Figura, los bloques de croma Cb y Cr se han intercalado, a fin de ofrecer mayor robustez al sistema.

Se puede utilizar cualquiera de las dos alternativas, en el proceso DCT.

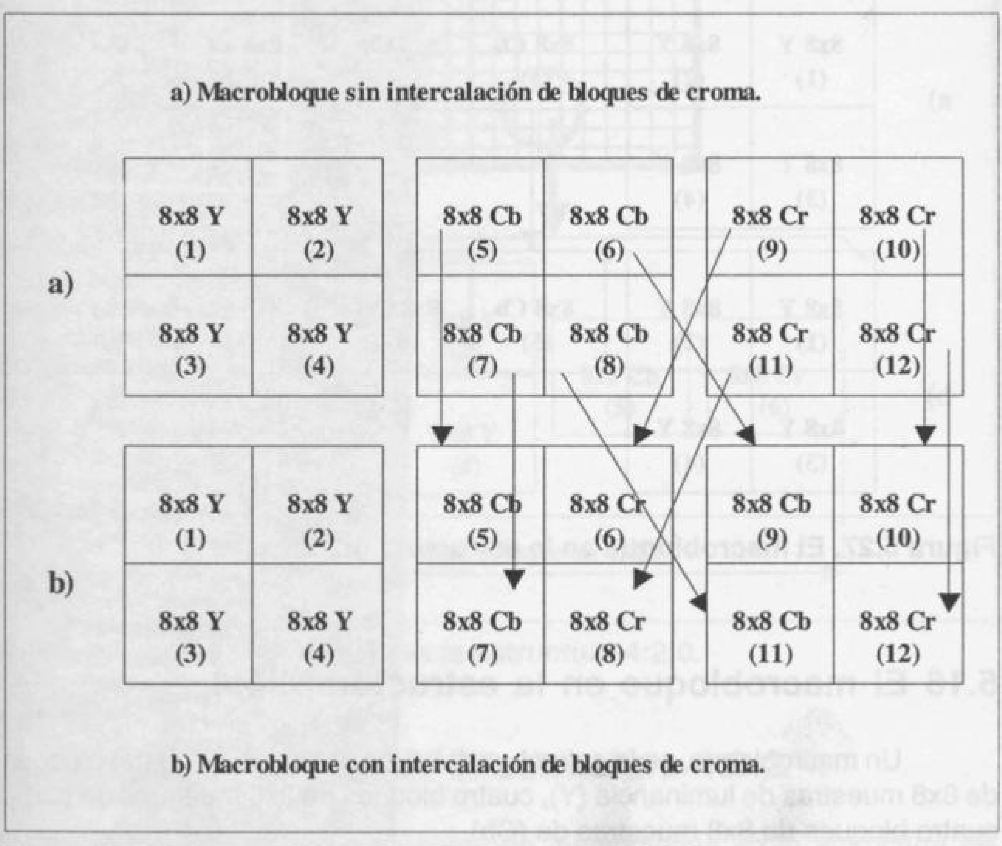


Figura 5.28. El macrobloque en la estructura 4:4:4.

5.17 Cantidad de macrobloques en las distintas estructuras.

Una vez analizadas las distintas estructuras de muestreo, podemos

determinar la cantidad de macrobloques que tenemos por cuadro.

Un cuadro con barrido entrelazado está conformado por dos campos. En estas condiciones, en 625/50 se toman 720 muestras de luminancia por línea activa. Como tenemos un total de 575 líneas activas por cuadro, tendremos entonces un total de 414.000 muestras o sea (720 x 575).

Un macrobloque en 4:2:0, como se ha visto en la Figura 5.26, está formado por;

Y (Luminancia) = 4 Bloques de 8x8 = 64 x 4 = 256 muestras

Cb (Diferencia al azul) = 1 bloque de 8x8 = 64 muestras

Cr (Diferencia al rojo) = 1 bloque de 8x8 = 64 muestras

Total: 384 muestras por cada macrobloque en 4:2:0.

Para un cuadro se toman la totalidad de las muestras de luminancia (Y) o sea aproximadamente 6.469 bloques de 8x8 muestras cada uno.

Además, tenemos 1.617 bloques de 8x8 muestras de (Cb) y 1617 bloques de 8x8 muestras de (Cr).

En total, en 4:2:0 se toman: 414.000 muestras de luminancia en ambos campos que representan un cuadro.

Entonces: 414.000 / 64 (bloques de 8x8) = 6469 bloques de luminancia de 8x8.

En la estructura 4:2:0, para las señales diferencia de color, las líneas del campo 1 se muestrean como una estructura 4:2:2 y las líneas del campo 2 se muestrean solo en luminancia.

Por cada línea activa en el campo 1 tenemos:

720 muestras de (Y)
360 muestras de (Cb)
360 muestras de (Cr)

Esta cantidad de muestras por las 287,5 líneas del campo 1 nos da como resultado:

Cantidad de muestras (Y) del campo 1 (aprox) = 720 x 287,5 = 207.000 / 64 bloques de 8x8 = 3.234 bloques de (Cb).

Cantidad de muestras (Cb) del campo 1 (aprox) = 360 x 287,5 = 103.500 / 64 bloques de 8x8 = 1.617 bloques de (Cb).

Cantidad de muestras (Cr) del campo 1 (aprox) = 360 x 287,5 = 103.500 / 64 bloques de 8x8 = 1.617 bloques de (Cr).

En el campo 2 se muestrea luminancia (Y) en las 287,5 líneas. Por ello, no se muestrean en este campo pixeles de cada una de las señales diferencia de color.

Cantidad de muestras (Y) del campo 2 (aprox) = 720 x 287,5 = 207.000 / 64 bloques de 8x8 = 3.234 bloques de (Cb).

En la Tabla 7 se ilustra la cantidad de bloques de 8x8 muestras por cuadro, que corrésponden a la luminancia (Y) y a cada una de las señales diferencia de color (Cb) y (Cr), en la estructura 4:2:0.

ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:2:0		
Bloques de 8x8 muestras de luminancia (Y). Aprox.	Bloques de 8x8 muestras de dif. al azul (Cb). Aprox.	Bloques de 8x8 muestras de dif. al rojo (Cr). Aprox.
6.468	1.617	1.617

Tabla 7. Cantidad de bloques por cuadro en la estructura 4:2:0.

Siguiendo el mismo criterio, en la Tabla 8 se muestra la cantidad de bloques por cuadro, para las estructuras 4:1:1, 4:2:2 y 4:4:4.

ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:1:1		
Bloques de 8x8 muestras de luminancia (Y). Aprox.	Bloques de 8x8 muestras dif. al azul (Cb). Aprox.	Bloques de 8x8 muestras dif. al rojo (Cr). Aprox.
6.468	1.617	1.617
ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:2:2		
Bloques de 8x8 muestras de luminancia (Y). Aprox.	Bloques de 8x8 muestras dif. al azul (Cb). Aprox.	Bloques de 8x8 muestras dif. al rojo (Cr). Aprox.
6.468	3.234	3.234
ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:4:4		
Bloques de 8x8 muestras de luminancia (Y). Aprox.	Bloques de 8x8 muestras dif. al azul (Cb). Aprox.	Bloques de 8x8 muestras dif. al rojo (Cr). Aprox.
6.468	6.468	6.468

Tabla 8. Cantidad de bloques por cuadro en las estructuras 4:1:1, 4:2:2 y 4:4:4.

5.18 Flujo de datos en MPEG-2.

En MPEG-2, la jerarquía de los datos poseen un ordenamiento determinado. Para comprender las distintas formaciones, partimos de la señal digital original. La misma tiene una estructura de muestreo 4:2:2/10 bits. En la primera etapa del Compresor esta señal es convertida a una estructura 4:2:0 /8 bits.

Un flujo en MPEG-2 comienza con los bloques de 8x8 muestras y un conjunto de estos conforman un macrobloque. Varios macrobloques contiguos conforman un slice. En cada uno de estos procesos existe una cabecera de información que contiene todos los parámetros de ese flujo. En la Figura 5.29, se representa un slice con su cabecera de información.

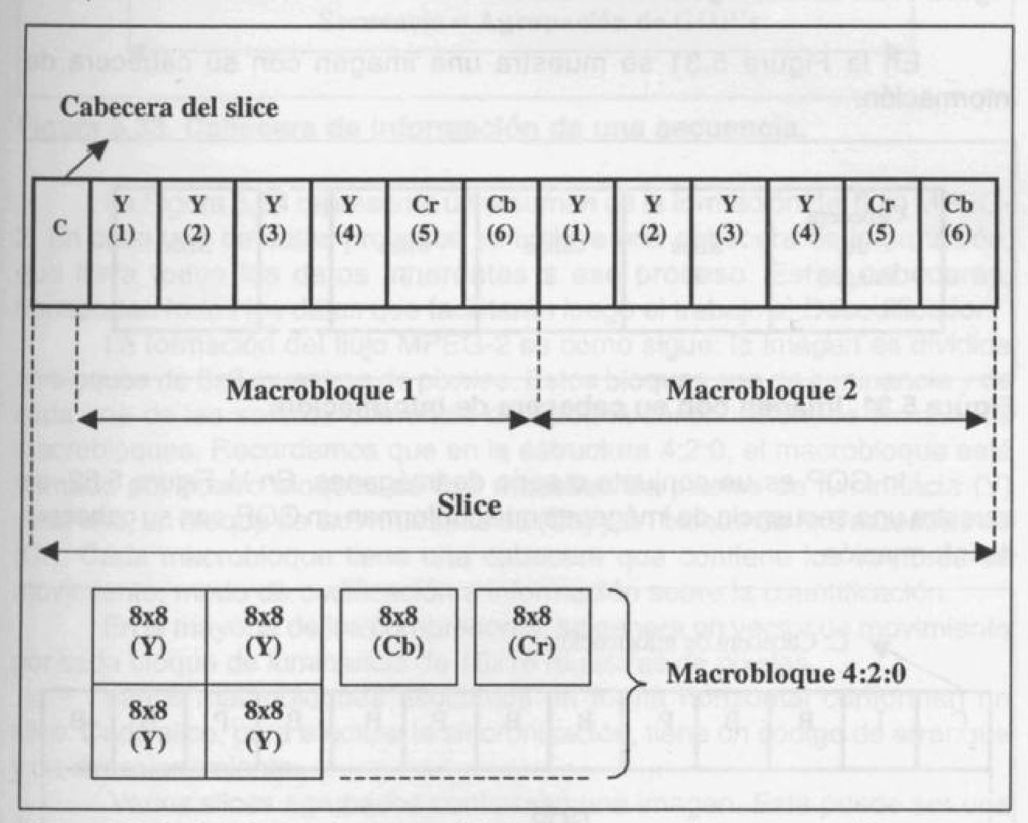


Figura 5.29. Conjunto de macrobloques que conforman un slice.

Una imagen está compuesta por un conjunto de slices. En la Figura 5.30 se representa una imagen.

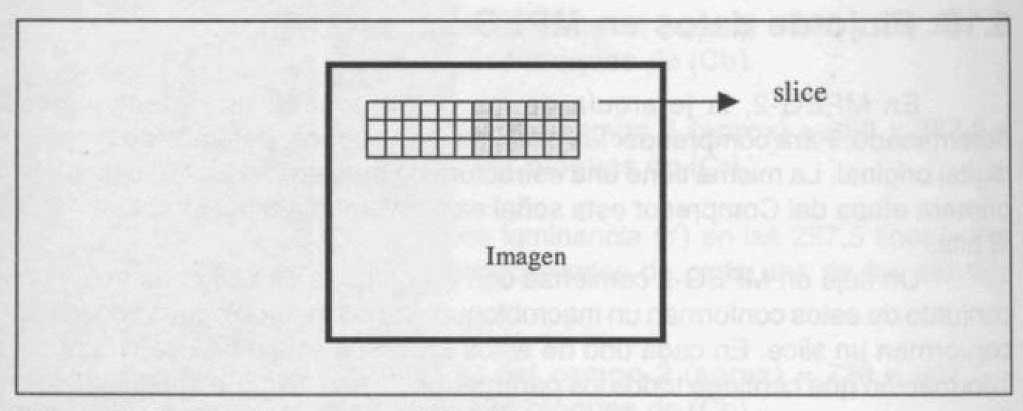


Figura 5.30. Una imagen en MPEG-2.

En la Figura 5.31 se muestra una imagen con su cabecera de información.

Cabecera de imagen	Slice 1	Slice 2	Slice 3	...	Slice n

Figura 5.31. Imagen con su cabecera de información.

Un GOP es un conjunto o serie de imágenes. En la Figura 5.32 se muestra una secuencia de imágenes que conforman un GOP, con su cabecera de información.

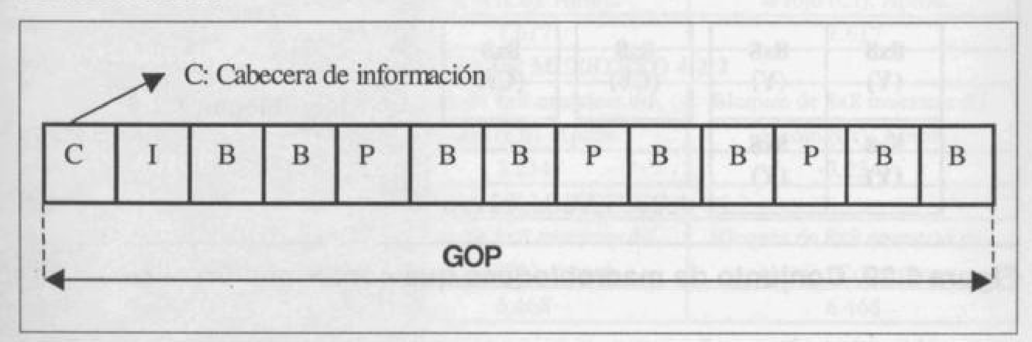


Figura 5.32. Conjunto de imágenes que conforman un GOP, con su cabecera de información.

Habíamos visto que un GOP en 625/50, está compuesto por 12 imágenes en total. La secuencia de estas es: IBBPBBPBBPBB.

A continuación, arranca el segundo grupo de imágenes que siempre comienza con una imagen (I).

Un conjunto de GOPs conforman una secuencia, ver Figura 5.33.

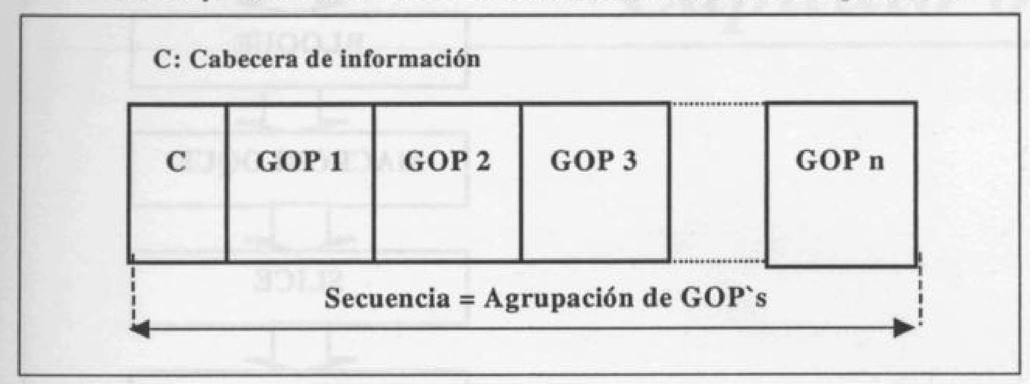


Figura 5.33. Cabecera de información de una secuencia.

La Figura 5.34 representa un resumen de la formación del flujo MPEG-2. En cada uno de estos procesos se incluye una cabecera de información, que lleva todos los datos inherentes a ese proceso. Estas cabeceras, transportan todos los datos que facilitarán luego el trabajo al Decodificador.

La formación del flujo MPEG-2 es como sigue: la imagen es dividida en bloques de 8x8 muestras de pixeles. Estos bloques son de luminancia y de cada una de las señales diferencia de color. A continuación, se forman los macrobloques. Recordemos que en la estructura 4:2:0, el macrobloque está formado por cuatro bloques de 8x8 muestras de pixeles de luminancia (Y) cada uno, un bloque de 8x8 muestras de (Cb) y un bloque de 8x8 muestras de (Cr). Cada macrobloque tiene una cabecera que contiene los vectores de movimiento, modo de codificación e información sobre la cuantificación.

En la mayoría de los compresores, se genera un vector de movimiento por cada bloque de luminancia de 16x16 muestras de pixeles.

Varios macrobloques asociados en forma horizontal conforman un slice. Cada slice, para efectuar la sincronización, tiene un código de arranque y un direccionamiento.

Varios slices agrupados conforman una imagen. Esta puede ser una imagen (I), (B) ó (P). En la cabecera del slice se indica a que tipo de imagen corresponde.

Un GOP representa un grupo de imágenes. Por último, una secuencia está conformada por varios GOP's.

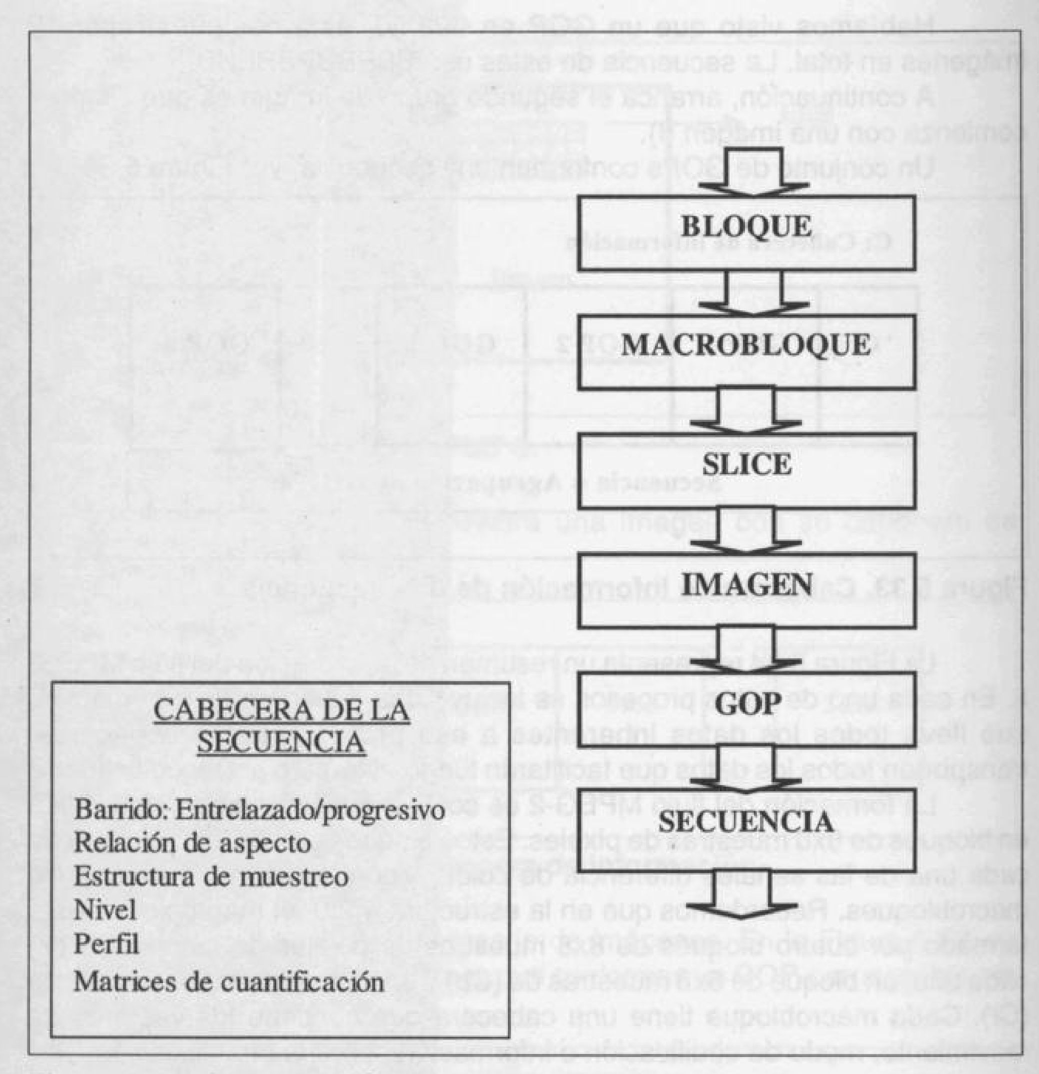


Figura 5.34. Construcción de un flujo MPEG-2.

Varias imágenes agrupadas forman un GOP (Group Of Pictures). Este tiene una cabecera de información.

Por último, varios GOPs agrupados conforman una secuencia. Esta posee una cabecera de información, que contiene distintos parámetros del flujo de datos como ser; perfil y nivel utilizado, relación de aspecto, tipo de barrido empleado, etc.

Capítulo 6

Procesos en la Compresión de Video MPEG-2

6

PROCESOS EN LA COMPRESION DE VIDEO MPEG-2

6.1 Introducción.

La compresión de video, ha permitido obtener un sinnúmero de ventajas en televisión, ya sea en Estudio como en Transmisión.

En Estudio, la compresión ha permitido disminuir el peso y tamaño de los Camcorders. También ha favorecido el desarrollo de video grabadoras como el Betacam Digital. Este formato utiliza una relación de compresión de 2,37:1.

Es de destacar, el desarrollo de los Sistemas de Edición no Lineal, que permiten una amplia flexibilidad, al poder utilizar distintas relaciones de compresión. Esto permite aumentar el tiempo de almacenamiento, sin aumentar la capacidad del disco rígido.

Gracias a la compresión del flujo de datos y al perfeccionamiento de estos métodos, ha sido viable comercialmente la implementación de la Televisión Digital, en cuanto a transmisión se refiere.

Sin la compresión, la transmisión de grandes velocidades de flujos de datos no hubiese sido viable.

En Transmisión, la compresión de video MPEG-2 ha posibilitado la emisión de varios programas de SDTV ó un programa de HDTV, por un canal de televisión de 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda.

La compresión también ha permitido el transporte de múltiples señales de SDTV comprimidas, por un traspondedor satelital.

Todo esto ha sido posible gracias a la compresión de video MPEG 2 y la posibilidad de múltiplexar varios flujos de datos en un único Flujo de Transporte.

Los estándares ATSC de USA, ISDB-T de Japón y DVB-T de Europa, incorporan para la compresión de video al sistema MPEG-2.

6.2 Procesos en la compresión de video MPEG-2.

A fin de comprender los distintos procesos que se desarrollan en la compresión de video MPEG-2, se analizará a continuación las distintas etapas que conforman un Codificador* y luego las funciones que cumplen cada una de ellas. En la Figura 6.1 se muestra un esquema básico de las funciones de un sistema de compresión MPEG-2.

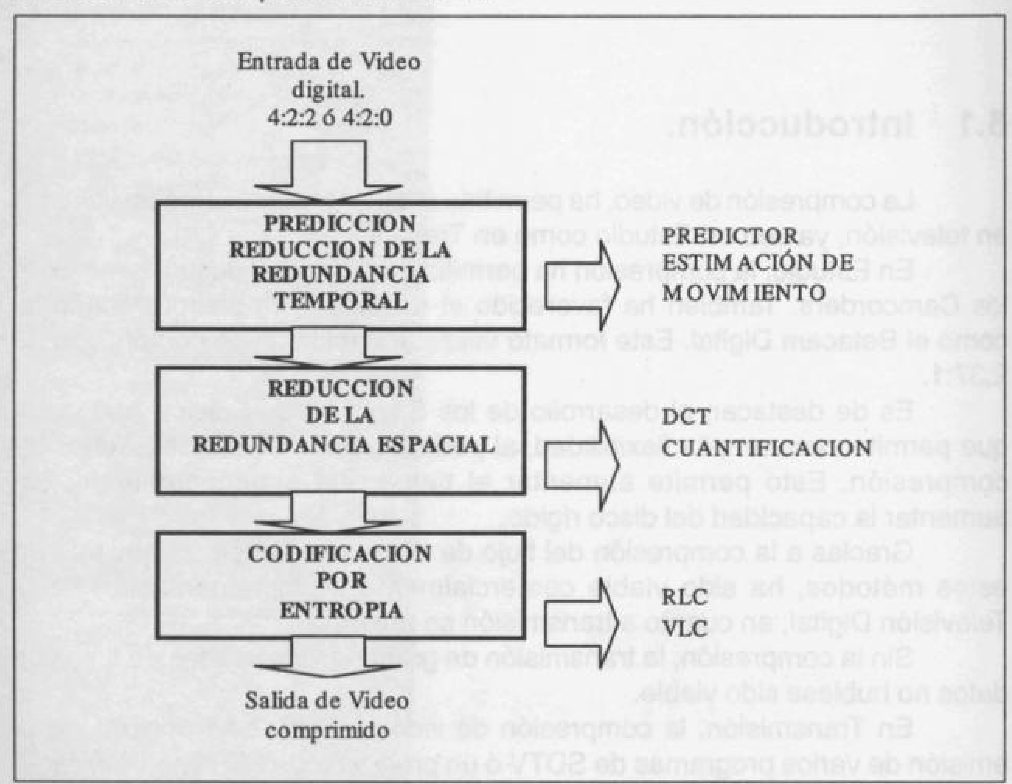


Figura 6.1. Funciones básicas de un Codificador de Video.

*Al Compresor también se lo denomina Codificador.

El video de entrada al Codificador es digital con una estructura 4:2:2 ó 4:2:0.

En la primera etapa del diagrama, se reduce la redundancia temporal que se encuentra en las imágenes sucesivas. Hemos mencionado aquí la predicción del cuadro previo y la Estimación de Movimiento. Ambos conceptos han sido analizados en el Capítulo 5.

A continuación, se reduce la redundancia espacial, por efecto de la DCT y la Cuantificación de los coeficientes. Luego, se efectúa la Codificación por Entropía, mediante la acción del RLC y el VLC. Aquí se efectúa una reducción importante de datos. Estos conceptos han sido vistos en principio en el Capítulo 5, pero los analizaremos con mayor profundidad en este Capítulo.

En la Figura 6.2, se muestra el diagrama de bloques básico de un Codificador MPEG-2.

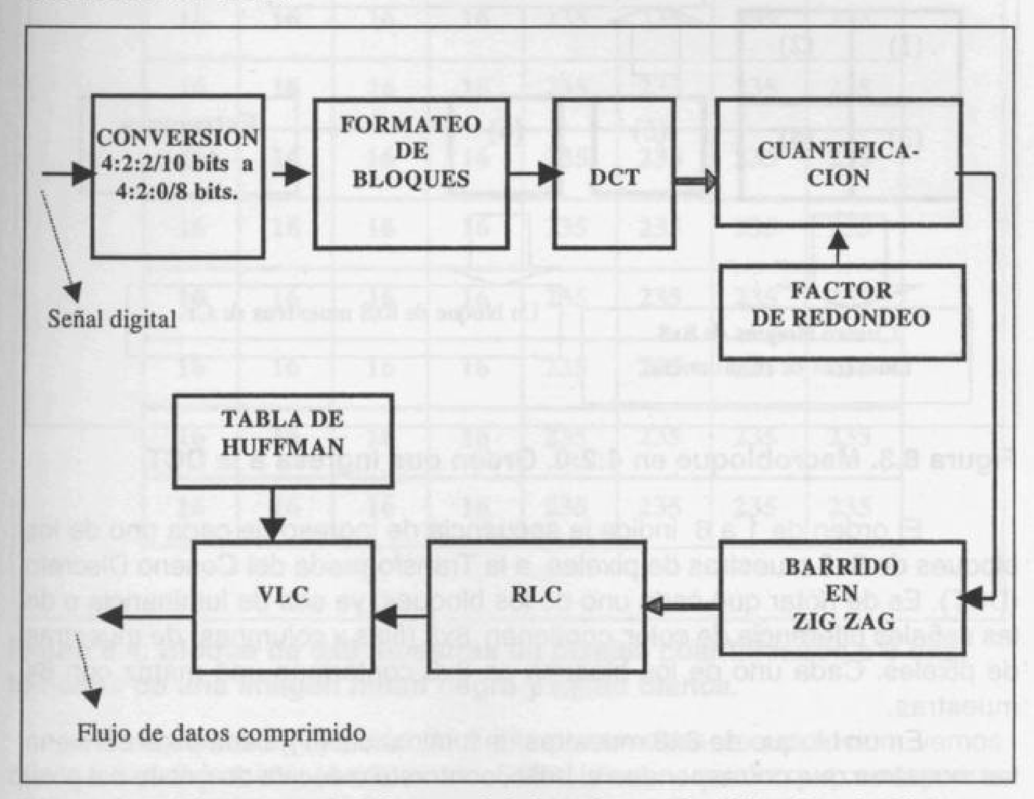


Figura 6.2. Diagrama de bloques básico de un Codificador de Video.

La señal de entrada digital 4:2:2/10 bits es convertida a una señal 4:2:0/8 bits.

Esto es debido a que utilizando una estructura 4:2:0/8 bits, se facilita el proceso de compresión.

En la segunda etapa se prepara el formateo de bloques, o sea que en este proceso se forman los macrobloques. Cada uno de estos esta conformado por cuatro bloques de luminancia (Y) de 8x8 muestras de pixeles cada uno, un bloque de 8x8 muestras de pixels de (Cr) y un bloque de 8x8 muestras de pixels de (Cb). Esta configuración corresponde a una señal con una estructura de muestreo 4:2:0, vista en el capítulo anterior y reproducida en la Figura 6.3 para una mejor comprensión.

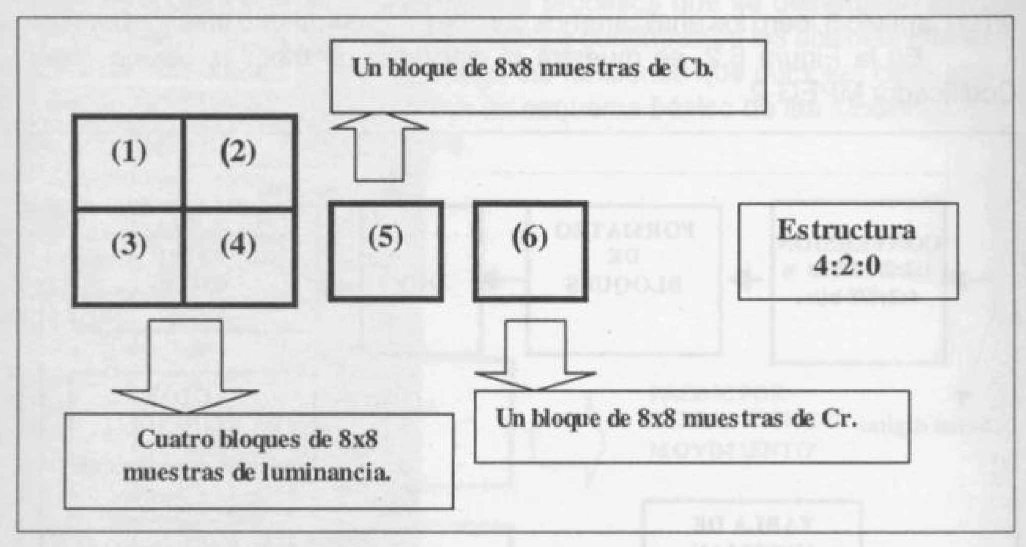


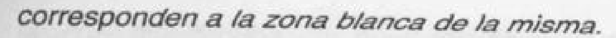
Figura 6.3. Macrobloque en 4:2:0. Orden que ingresa a la DCT.

El orden de 1 a 6 indica la secuencia de ingreso de cada uno de los bloques de 8x8 muestras de pixeles, a la Transformada del Coseno Discreto (DCT). Es de notar que cada uno de los bloques, ya sea de luminancia o de las señales diferencia de color, contienen 8x8 (filas x columnas) de muestras de pixeles. Cada uno de los bloques de 8x8 conforman una matriz con 64 muestras.

En un bloque de 8x8 muestras de luminancia (Y), cada pixel contiene las muestras que corresponden al brillo, contraste o escala de grises del pixel de ese sector de imagen en particular.

En la Figura 6.4 se representa una imagen mitad negra y mitad blanca. Para el análisis, se toma un bloque de 8x8 muestras de pixeles de luminancia.

Este bloque de 8x8 pixeles, tiene las primeras cuatro columnas que corresponden a la zona negra de la imagen y las siguientes cuatro columnas



corresponden a la zona blanca de la misma.

Imagen muestreada. 720 muestras por línea activa x 576 líneas activas.

Bloque de 8x8 tomado en el medio de una imagen mitad blanca y mitad negra. Cuantificación a 8 bits.

16	**16**	**16**	**16**	**235**	**235**	**235**	**235**
16	**16**	**16**	**16**	**235**	**235**	**235**	**235**
16	**16**	**16**	**16**	**235**	**235**	**235**	**235**
16	**16**	**16**	**16**	**235**	**235**	**235**	**235**
16	**16**	**16**	**16**	**235**	**235**	**235**	**235**
16	**16**	**16**	**16**	**235**	**235**	**235**	**235**
16	**16**	**16**	**16**	**235**	**235**	**235**	**235**
16	**16**	**16**	**16**	**235**	**235**	**235**	**235**

Figura 6.4. Bloque de 8x8 muestras de pixeles cuantificados a 8 bits, tomados de una imagen mitad negra y mitad blanca.

Para una cuantificación de 8 bits por muestra de resolución, vemos que la mitad de la matriz (4 columnas x 8 filas), tienen un valor que corresponde al nivel de cuantificación del negro o sea al nivel 16.

En la otra mitad de la matriz a la derecha (4 columnas x 8 filas), cada muestra de pixel tiene el nivel de cuantificación de 235. Este nivel corresponde al máximo nivel de blanco de la señal de luminancia.

Este bloque de 8x8 muestras de pixeles tiene alta redundancia espacial en cada mitad de la matriz.

6.3 Sensibilidad del ojo al ruido en función de la frecuencia espacial.

En la Figura 6.5 se representa la curva de respuesta de sensibilidad del ojo en función de la frecuencia espacial. Un análisis más detallado de la misma nos permite ver que; para altas frecuencias espaciales (F2), la sensibilidad del ojo al ruido es baja (S2). En cambio, para bajas frecuencias espaciales (F1), la sensibilidad del ojo al ruido es alta (S1).

De esta manera, debemos trabajar en zonas de alta frecuencia espacial, donde la sensibilidad del ojo al ruido es baja.

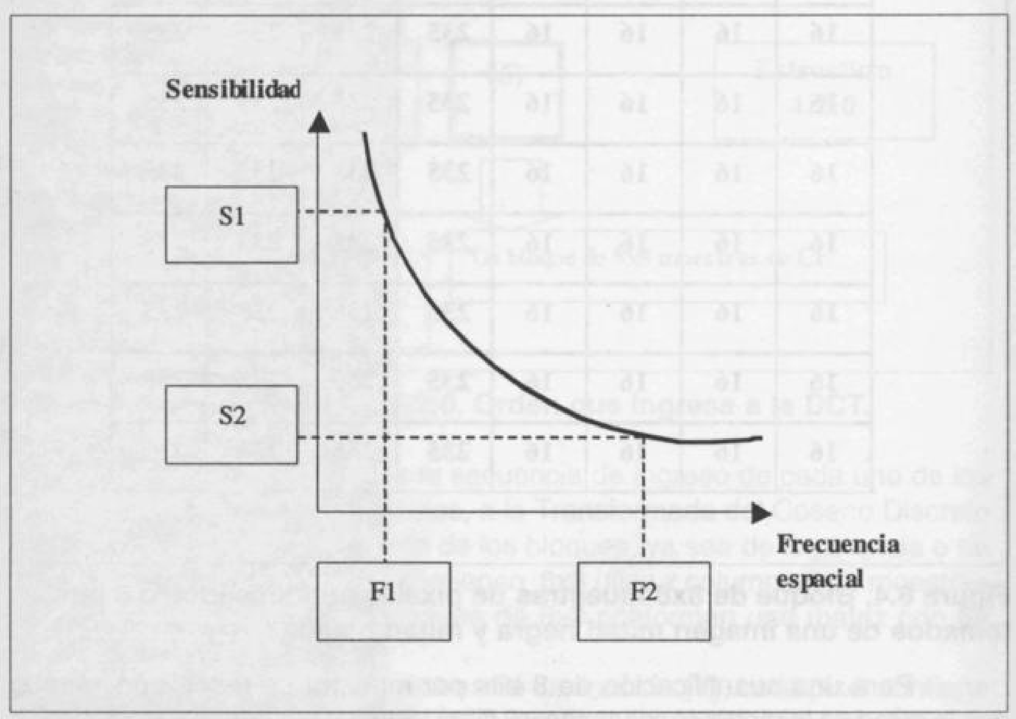


Figura 6.5. Sensibilidad del ojo en función de la frecuencia espacial.

En esa zona podemos efectuar una reducción de datos, pues allí es donde el ojo tiene poca sensibilidad.

6.4 El proceso DCT (Transformada del Coseno Discreto).

Luego del formateo de bloques, el próximo paso en el proceso de compresión MPEG-2, es la aplicación de la Transformada del Coseno Discreto (DCT), ver Figura 6.2.

Es importante destacar que uno de los procesos más importantes en el sistema de compresión, es la Transformada del Coseno Discreto (DCT). Este proceso es confundido muchas veces, como que aquí es donde comienza el proceso de compresión. En realidad, aquí no hay reducción de datos alguna. La DCT es un proceso previo a la compresión o mejor dicho es un proceso que prepara para la compresión.

La DCT consiste en transformar los bloques de muestras del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Esto se logra mediante una transformación matemática. En cada una de las 64 muestras que contiene cada bloque de 8x8 muestras de pixeles, se aplica la fórmula de la Transformada del Coseno Discreto.

La transformación del bloque del dominio del tiempo al de la frecuencia, implica que los pixeles pasan a ser coeficientes de las componentes de frecuencia. De esta manera, tenemos ahora en el bloque 8x8 = 64 coeficientes.

Estos coeficientes, tienen la misma información que tenían los pixeles, antes de efectuar la DCT.

Una vez que estamos en el dominio de la frecuencia, es factible detectar y eliminar la redundancia.

El proceso de reducción de datos, se realiza en la etapa siguiente y consiste en la Cuantificación de los coeficientes. Otro proceso de reducción, se realiza en una de las últimas etapas del Codificador, que es el Código de Longitud Variable (VLC).

En la Figura 6.6, podemos apreciar un bloque de 8x8 muestras de pixeles transformado por la DCT. Los números representan en este caso el orden de los coeficientes de la matriz, desde el coeficiente número 1 al 64. El primer coeficiente (fila 1, columna 1), siempre es el coeficiente de más alto valor de todo el bloque y se lo denomina DC. En el caso de la matriz de 8x8 coeficientes de luminancia, el primer coeficiente representa el brillo promedio de todo el bloque.

En esta Figura, se muestra el coeficiente 1 que es el DC y el resto de los coeficientes son los AC, numerados del 2 al 64.

Nótese las áreas de alta y baja frecuencia en la matriz, después del proceso DCT.

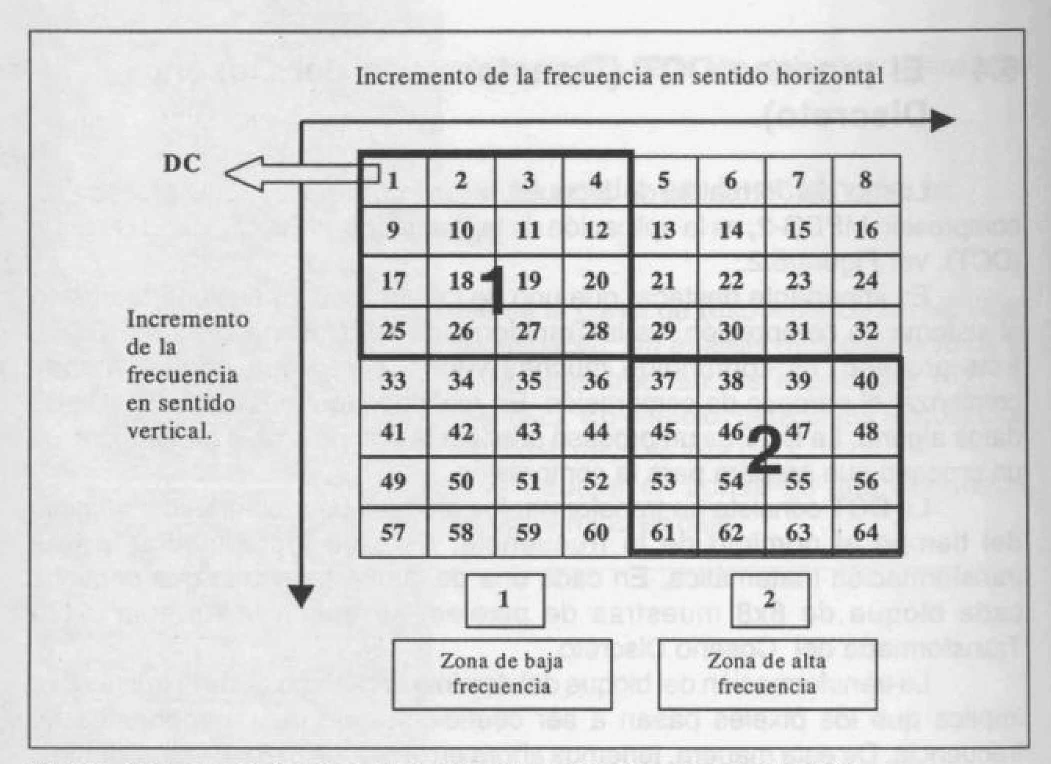


Figura 6.6. Coeficientes de la matriz numerados del 1 al 64.

El aumento de la frecuencia en sentido horizontal, se produce de izquierda a derecha y el aumento de frecuencia en sentido vertical, se produce de arriba hacia abajo.

Este ordenamiento de frecuencia, es debido a la aplicación de la Transformada del Coseno Discreto, a cada muestra de la matriz.

Para este ejemplo, la zona indicada como (1) en la Figura 6.6, es la de baja frecuencia y representa aproximadamente un cuarto de la matriz (16 pixeles). En cambio, la zona indicada como (2) en la misma Figura, representa la zona de alta frecuencia y prácticamente abarca la misma proporción que la zona anterior. Esto no significa que siempre esta zona sea de esta forma, sino que depende del tipo de imagen a procesar, relación de compresión que se aplicará etc. Lo que se quiere significar es que al aplicar la DCT habrá dos zonas en la matriz, una de baja frecuencia y otra de alta frecuencia.

En la Figura 6.7 se representa un bloque de 8x8 muestras de pixeles de luminancia. Los números representan el nivel de cuantificación de las muestras. La cuantificación es de 8 bits y le corresponde al negro el nivel 16 y al máximo pico de blanco el nivel 235.

Este bloque de 8x8 muestras de pixeles, está representado en el dominio del tiempo o sea antes de efectuar el proceso de la Transformada del Coseno Discreto (DCT).

176	171	185	203	206	203	193	178
165	156	160	170	171	168	159	152
140	132	136	135	134	134	127	120
131	129	127	128	128	128	128	127
124	122	122	120	120	121	124	119
127	127	127	127	126	126	123	118
127	127	127	127	127	122	117	119
128	127	127	127	125	121	115	114

Figura 6.7. Matriz de 8x8 pixeles de luminancia con los niveles de cuantificación de cada muestra, antes del proceso DCT.
Reproducida con permiso de TANDBERG Television, desde DMV.

A esta matriz se le aplica la DCT. El efecto de aplicar esta transformada, como se había visto anteriormente, implica pasar del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.

Esta nueva matriz se representa en la Figura 6.8. Aqui se muestra el incremento de la frecuencia en sentido horizontal y vertical.

La fórmula de la DCT se aplica a cada coeficiente o sea 64 veces por cada bloque de 8x8. Esto es a efectos de obtener la matriz de coeficientes.

Esta matriz está formada ahora por 64 coeficientes, que representan a todos los términos en el dominio de la frecuencia.

Como habíamos mencionado, el primer coeficiente (fila 1, columna 1) es el coeficiente DC. Este es siempre un número grande y es el mayor del resto de los coeficientes del bloque. Los 63 coeficientes restantes son los denominados AC. El último coeficiente (64) es el de mayor frecuencia espacial de todo el bloque.

Si analizamos la matriz después del proceso DCT, veremos que algunos coeficientes dan cero y otros cercanos a cero.

1106 ⇐

DC	12	-22	12	4	6	2	0
145	-15	-16	10	3	7	1	0
98	-4	-20	16	45	1	1	-1
52	-15	-8	1	-1	2	-2	0
9	-4	-3	-2	1	-1	0	0
-4	2	-4	1	-3	2	1	0
-4	2	-4	1	-3	2	1	0
-13	1	0	0	-1	1	1	2

Coeficiente de mayor frecuencia espacial de todo el bloque.

Figura 6.8. Matriz de 8x8 coeficientes después de aplicar la DCT a cada muestra.
Reproducida con permiso de TANDBERG Television, desde DMV.

Después de la transformación, las áreas de la imagen que tenían más detalles, producen coeficientes ordenados en el área de mayor frecuencia. Esta corresponde al área 2 de la Figura 6.6.

En cambio, las áreas de la imagen que tenían pocos detalles, producen términos agrupados en la zona de baja frecuencia (área 1 de esa misma Figura).

El proceso de aplicar la DCT divide el área de la imagen en frecuencias discretas.

En la Figura 6.9 se representa por simplicidad, solamente la fila 1 de la matriz. Aquí tenemos ocho coeficientes en sentido horizontal. El primer coeficiente de la fila, es el que más componentes de baja frecuencia posee.

Como el incremento de frecuencia es de izquierda a derecha, el octavo coeficiente de esa fila, es el que tiene más componentes de alta frecuencia.

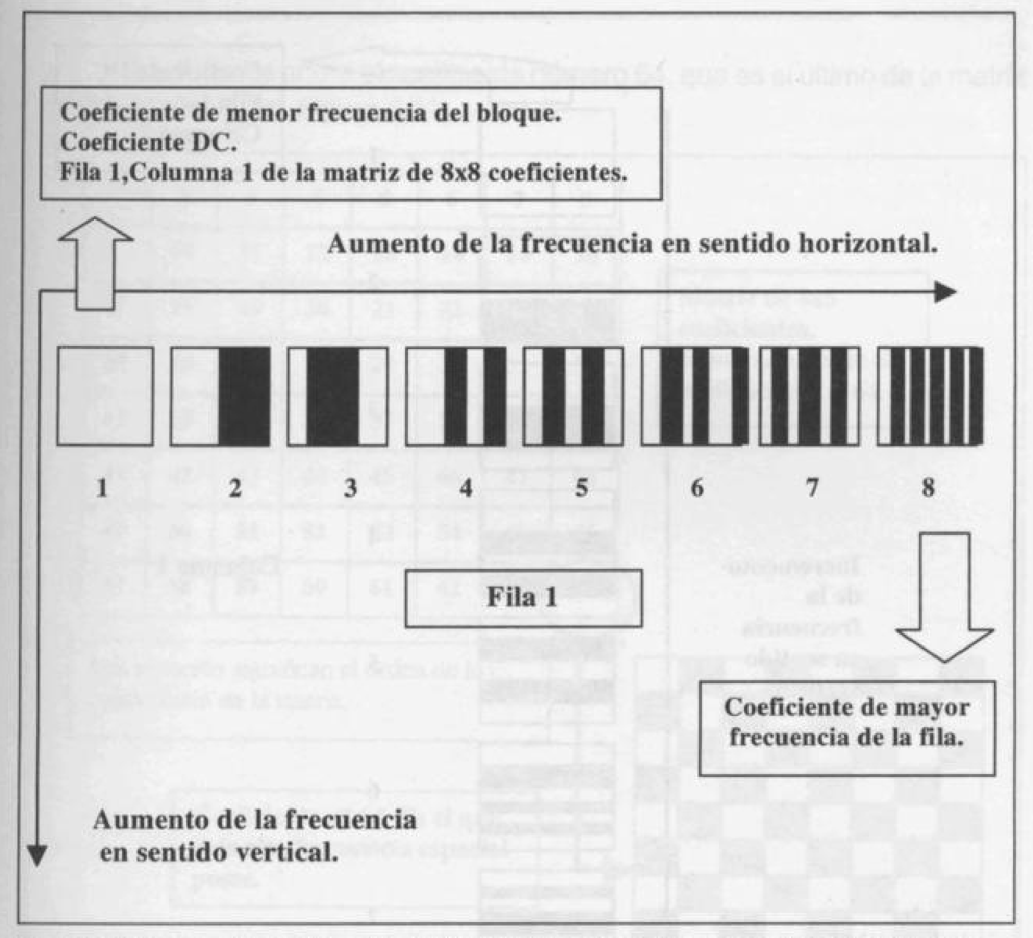


Figura 6.9. Frecuencias discretas representadas en la fila 1 de la matriz..

El coeficiente 1 es de frecuencia nula y se le aplica una codificación DPCM (Modulación por Código de Pulso Diferencial). Esto permite que la precisión de cuantificación de este coeficiente sea alta.

Los coeficientes 2,3 y 4 (Figura 6.9), representan una frecuencia espacial baja y serán cuantificados con bastante precisión o sea con muchos bits. Esto es debido a que el ojo es sensible al ruido en bajas frecuencias.

En la Figura 6.10, se representan las frecuencias discretas de los coeficientes de la columna 1 de la matriz. Se analiza solo esta columna por simplicidad. El primer coeficiente es el DC, que es el mismo de la fila 1. Nótese el incremento de frecuencia en sentido vertical. El octavo coeficiente de esa columna, es el que mayor componentes de alta frecuencia posee.

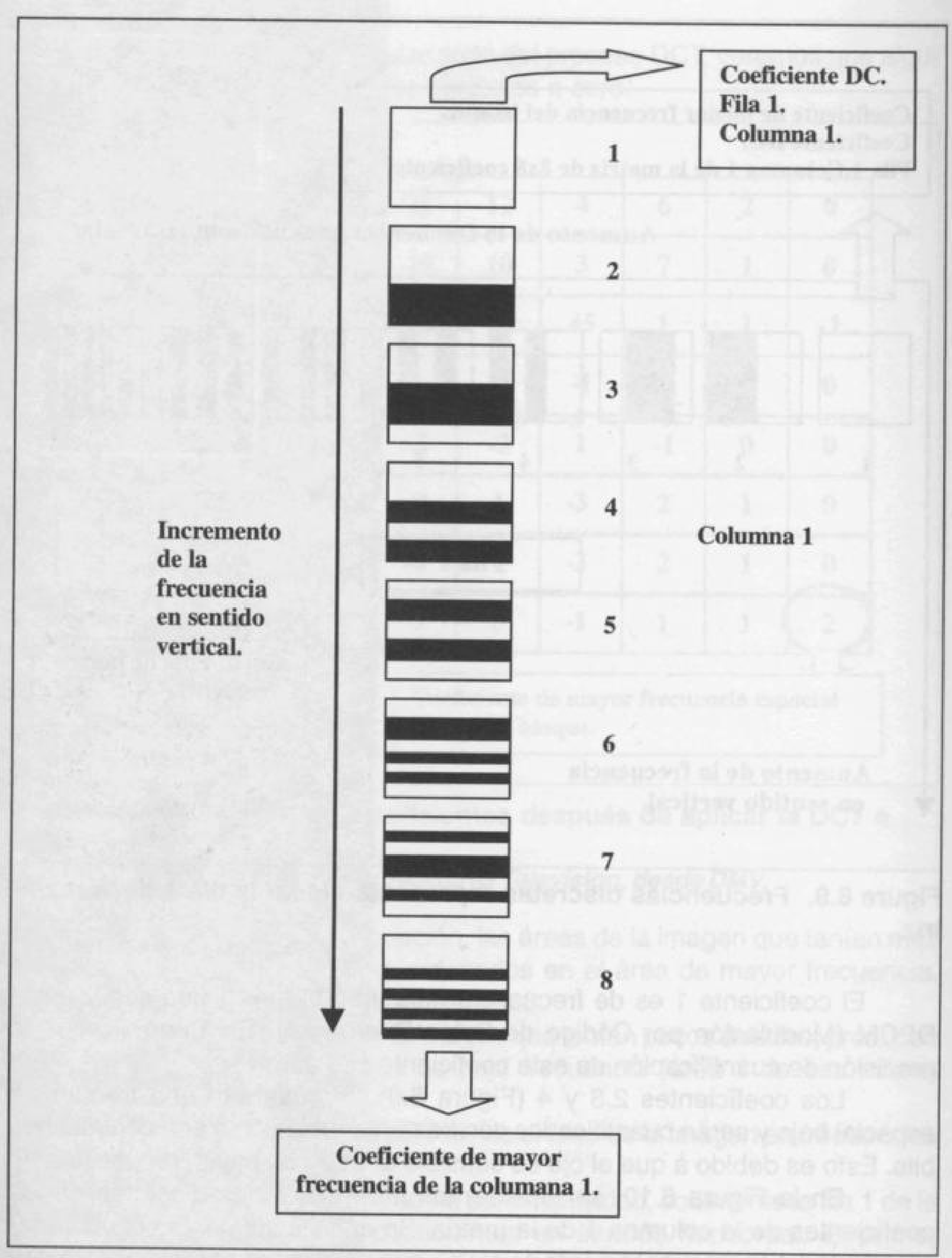


Figura 6.10. Columna 1 de la matríz. Incremento de la frecuencia en sentido vertical.

Analizamos ahora el coeficiente número 64, que es el último de la matriz de 8x8 coeficientes, Figura 6.11.

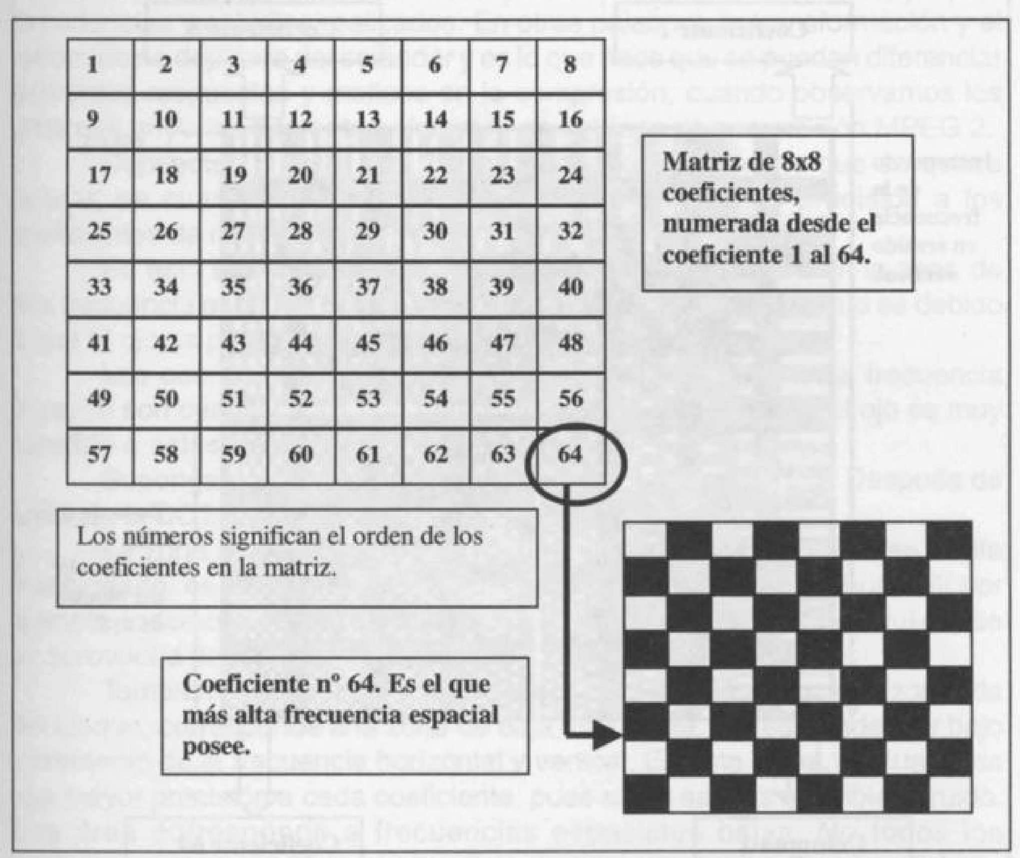


Figura 6.11. Contribución del último coeficiente (64), al aspecto del bloque.

El coeficiente 64 es el de más alta frecuencia del bloque y en consecuencia será cuantificado con pocos bits. Esto es debido a que el ojo es poco sensible al ruido en altas frecuencias espaciales.

Por simplicidad, hemos analizado aquí solo algunos coeficientes del bloque. La fila 1, la columna 1 y el último coeficiente del bloque que es el número 64.

Veremos ahora, una representación completa de los 64 coeficientes de todo el bloque, ver Figura 6.12. Aquí podemos apreciar el incremento de la frecuencia en sentido horizontal y en sentido vertical. El área de la derecha hacia abajo corresponde a la zona de más alta frecuencia del bloque.

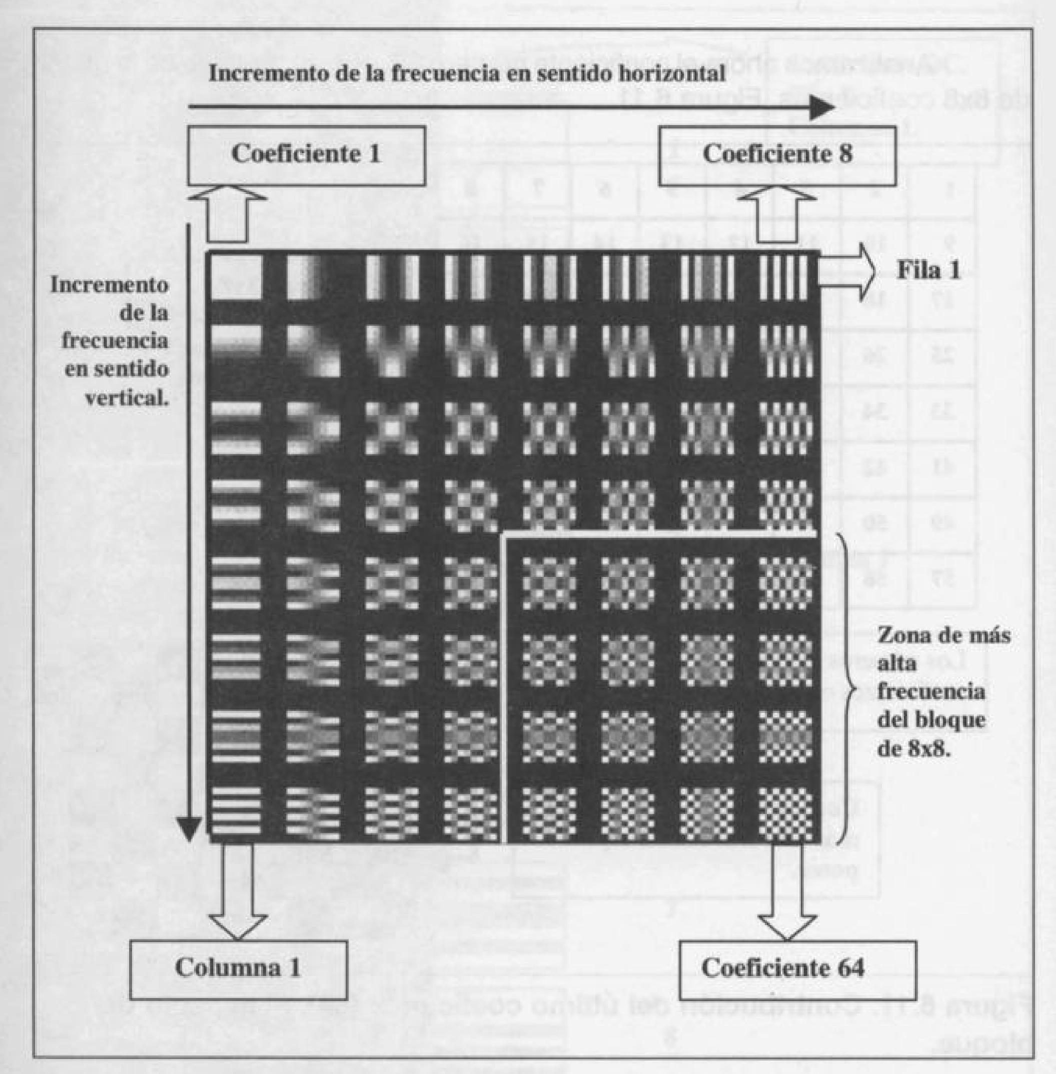


Figura 6.12. Frecuencias discretas de una imagen como resultado de aplicar la DCT.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

6.5 Cuantificación del macrobloque.

Después de aplicar la Transformada del Coseno Discreto, en el proceso siguiente se efectúa la Cuantificación de los coeficientes del macrobloque. Aquí es realmente donde comienza la compresión.

Cada componente de la frecuencia es cuantificado a un número entero. Es aquí donde los diferentes fabricantes tiene libertad de construir la matriz de transformación de coeficientes y redondeo, en función de sus propias experiencias y estudios realizados. En otras palabras, la transformación y el redondeo no depende del estándar y es lo que hace que se puedan diferenciar diferentes respuestas y matices en la compresión, cuando observamos los sistemas entre los diferentes oferentes de equipos de compresión MPEG 2.

Dependiendo de la reducción de la velocidad binaria que se quiera aplicar, se cuantificará en este paso con más o menos precisión a los coeficientes de cada bloque.

En esta etapa, los coeficientes de la matriz que estan en la zona de alta frecuencia espacial, son cuantificados con poca precisión. Esto es debido a que el ojo es poco sensible a estas frecuencias.

Los coeficientes que se encuentran en la zona de baja frecuencia espacial son cuantificados con mayor precisión, debido a que el ojo es muy sensible a estas frecuencias.

Supongamos un bloque de 8x8 muestras de luminancia. Después de aplicada la DCT, tenemos en este bloque 64 coeficientes.

La zona hacia la derecha y hacia abajo de la matriz, como se había mencionado, es la de mayor frecuencia espacial de todo el bloque. Allí por ejemplo podemos cuantificar con pocos bits a cada coeficiente. Es aquí donde se aprovecha para reducir el flujo de datos.

También como se había mencionado, la zona de arriba a la izquierda del bloque, corresponde a la zona de baja frecuencia. Allí es donde hay bajo incremento de la frecuencia horizontal y vertical. En esta zona, se cuantifica con mayor precisión a cada coeficiente, pues el ojo es más sensible al ruido. Esa área corresponde a frecuencias espaciales bajas. No todos los coeficientes son cuantificados con el mismo número de bits. Cada coeficiente se cuantifica con un número determinado de bits y esto depende de la relación de compresión a aplicar.

En la Figura 6.13, se representa a manera de ejemplo una cuantificación a 2 bits. Esta es aplicada a algunos coeficientes de la zona de mayor frecuencia espacial.

Cuantificando a 2 bits tenemos cuatro niveles de cuantificación, con los estados que se indican en la Figura. En este caso, la cuantificación no es uniforme. Un valor distinto de esta se aplica a cada coeficiente, dependiendo de la posición del mismo en la matriz. Por ejemplo, al coeficiente número 1 se lo cuantifica con la más alta precisión. El coeficiente número 64, que es el coeficiente de más alta frecuencia, es el que menos precisión de cuantificación puede tener, por ejemplo 2 bits.

El primer coeficiente (DC) es cuantificado con la mayor precisión posible, debido a que este lleva la información de porción de imagen que contiene ese bloque.

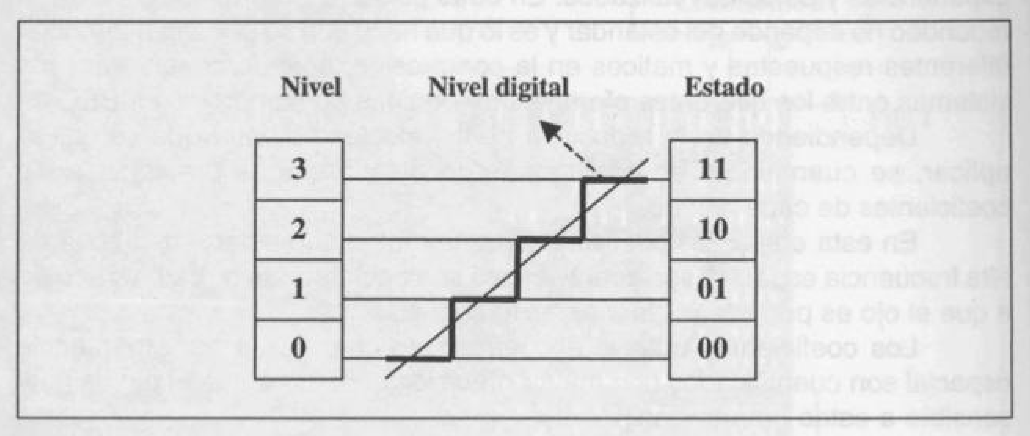


Figura 6.13. Cuantificación a 2 bits.

En la Figura 6.14 se muestra la matriz después del proceso DCT. En realidad, es la misma matriz de la Figura 6.8 que hemos reproducido aqui por comodidad, para continuar analizando el proceso de compresión.

Como se había mencionado, el primer coeficiente es el DC y lleva el promedio de brillo de todo el bloque. Este coeficiente es el valor más alto de la matriz*. Muchos coeficientes después del proceso DCT, tienden a estar en valores de cero o cercanos a cero.

1106	12	-22	12	4	6	2	0
145	-15	-16	10	3	7	1	0
98	-4	-20	4	5	1	1	-1
52	-15	-8	1	-1	2	-2	0
18	-10	-1	-1	-1	1	-2	0
9	-4	-3	-2	1	-1	0	0
-4	2	-4	1	-3	2	1	0
-13	1	0	0	-1	1	1	2

Figura 6.14. Coeficientes de la matriz, después del proceso DCT.
Reproducida con permiso de TANDBERG Television, desde DMV.

*El término matriz o bloque es el mismo y se refiere a 64 muestras o coeficientes, dependiendo del proceso en ese instante.

En la Figura 6.15, se muestra una representación en tres dimensiones de los valores de los coeficientes en el dominio de la frecuencia, después de aplicar la DCT.

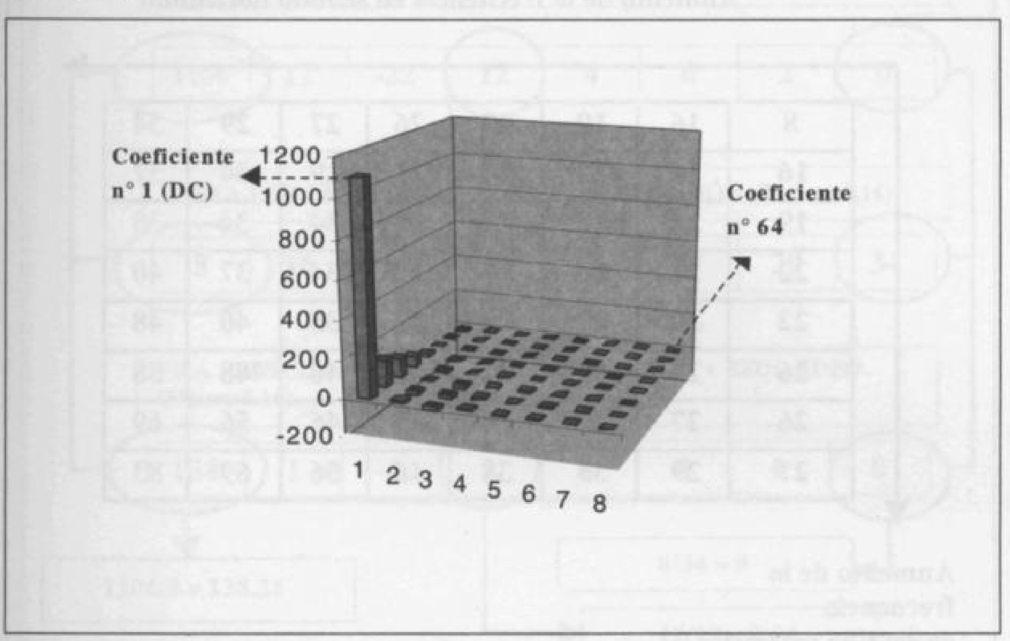


Figura 6.15. Representación de los valores de los coeficientes, después de aplicar la Transformada del Coseno Discreto.

Observamos en la Figura que el coeficiente 1 (DC), es el de más alto valor de todo el bloque.

Despues de aplicada la Transformada del Coseno Discreto a cada coeficiente, como se muestra en la Figura 6.14, el proceso de cuantificación consiste en generar una nueva matriz de 8x8 coeficientes. Esta nueva matriz se ha generado analizando cada coeficiente de la matriz anterior. Esta contiene los valores por los cuales hay que dividir los coeficientes de la matriz de la Figura 6.14, para llevarlos a cero o valores cercanos a cero.

Los valores que no están en cero, se los cuantifica con una resolución en forma decreciente, a medida que la frecuencia aumenta.

En la Figura 6.16 se muestra la matriz de cuantificación. En este proceso vemos que el número aumenta a medida que se incrementa la frecuencia horizontal y vertical. Esto es a efectos de dividir cada coeficiente de la matriz de la Figura 6.14 por un número mayor a medida que aumenta la frecuencia, para que el valor sea cero.

Aumento de la frecuencia en sentido horizontal

8	16	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

Aumento de la frecuencia en sentido vertical.

Figura 6.16. Matriz de cuantificación.
Reproducida con permiso de TANDBERG Television, desde DMV.

Consideremos la Figura 6.17. Por simplicidad, se toma la fila 1 de la matriz de coeficientes de la Figura 6.14, después de la DCT y la fila 1 de la matriz de cuantificación de la Figura 6.16.

Cada coeficiente de la matriz después de la DCT, es dividido por cada coeficiente de esta nueva matriz de cuantificación. Una vez efectuada esta división, se aplica un factor de redondeo para que los coeficientes sean números enteros.

En la Figura 6.17, se muestra por simplicidad un ejemplo de la primera fila de la matriz de coeficientes y de la matriz de cuantificación.

Tomemos como ejemplo el primer coeficiente 1106 que es el DC. La nueva matriz de cuantificación genera un nuevo coeficiente, en este caso 8, por el cual se divide el coeficiente DC. Para este ejemplo, este coeficiente da 138,25 y se genera una nueva matriz con un factor de redondeo, quedando en este caso el valor de 138.

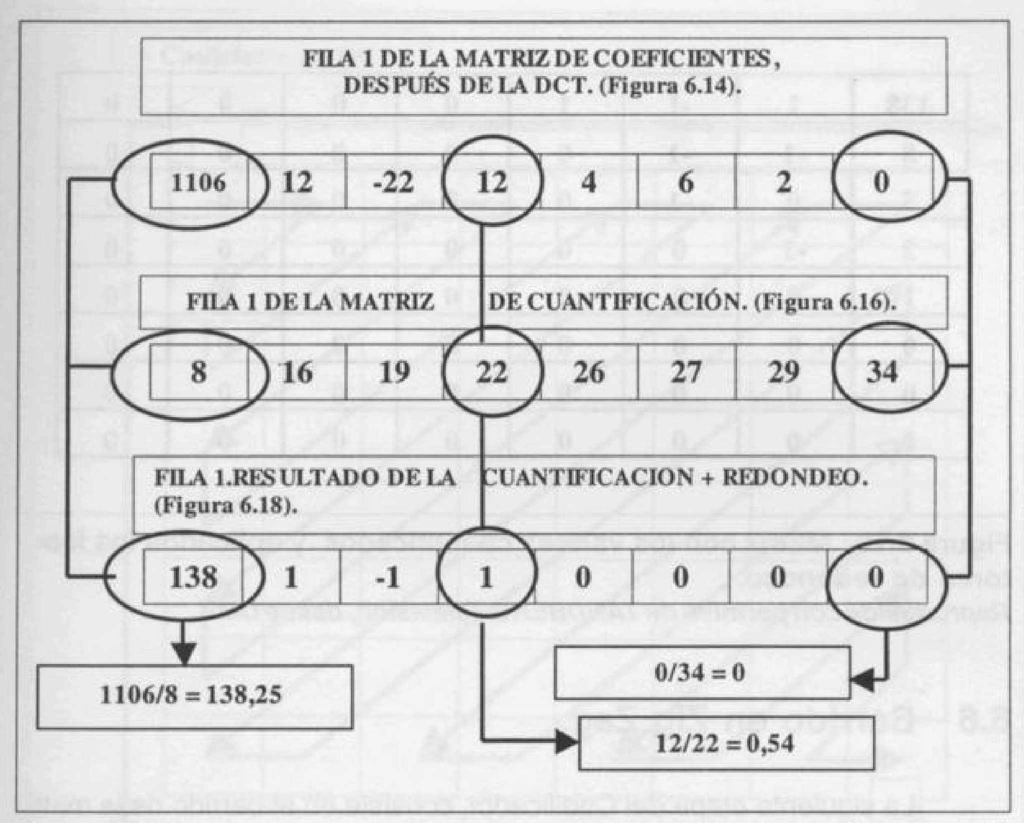


Figura 6.17. Forma en que se cuantifican los coeficientes y la aplicación del factor de redondeo.

Consideremos otro ejemplo como ser el cuarto coeficiente (12) de la fila 1. La matriz de cuantificación genera un nuevo coeficiente 22 por el cual se divide el anterior o sea 12/22 = 0,54 y luego se aplica una nueva matriz para redondear este valor a 1.

El octavo coeficiente de la fila 1 es 0 y al dividirlo por 34 da como resultado 0. Procediendo de esta forma con los 64 coeficientes del bloque, se obtiene la nueva matriz como la indicada en la Figura 6.18.

Un valor de cuantificación diferente se aplica a cada coeficiente y este valor depende de su posición en la matriz.

Luego de este proceso, la mayor parte de los coeficientes del bloque de 8x8 situados en la zona de alta frecuencia, serán iguales a cero o con valores cercanos a cero. La matriz de la Figura 6.18, es el resultado de dividir cada coeficiente de la matriz de la Figura 6.14 por cada coeficiente de la matriz de la Figura 6.16, más la aplicación del factor de redondeo.

138	1	-1	1	0	0	0	0
8	-1	-1	0	0	0	0	0
5	0	-1	0	0	0	0	0
2	-1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 6.18. Matriz con los valores cuantificados y aplicados los factores de redondeo.
Reproducida con permiso de TANDBERG Television, desde DMV.

6.6 Barrido en Zig Zag.

La siguiente etapa del Codificador, consiste en el barrido de la matriz en forma de Zig-Zag. La idea de utilizar este barrido especial, es a efectos de agrupar la mayor cantidad de ceros posibles. Estos ceros se transmitirán como un solo dato.

Hay dos tipos de barrido en que se puede leer la matriz. Uno de ellos, es un tipo de barrido irregular y se utiliza solo para video entrelazado.

Cuando se emplea video con barrido progresivo, el barrido en Zig Zag es el utilizado para leer la matriz. Cualquiera de los dos barridos, irregular o Zig Zag, son utilizados para ordenar los coeficientes de la matriz de 8x8, en un flujo de bits serie. Es de destacar que los coeficientes leídos en estas formas, son ordenados en función del aumento de la frecuencia.

En el barrido en Zig-Zag se lee primero el coeficiente DC, luego la zona de baja frecuencia, a continuación la zona de alta frecuencia y por último el coeficiente de más alta frecuencia o sea el coeficiente cuya posición es 64 en la matriz. Este tipo de barrido acomoda los coeficientes en función del incremento de la frecuencia.

En la Figura 6.19, se representa la forma del barrido en Zig Zag en una matriz de 8x8 coeficientes.

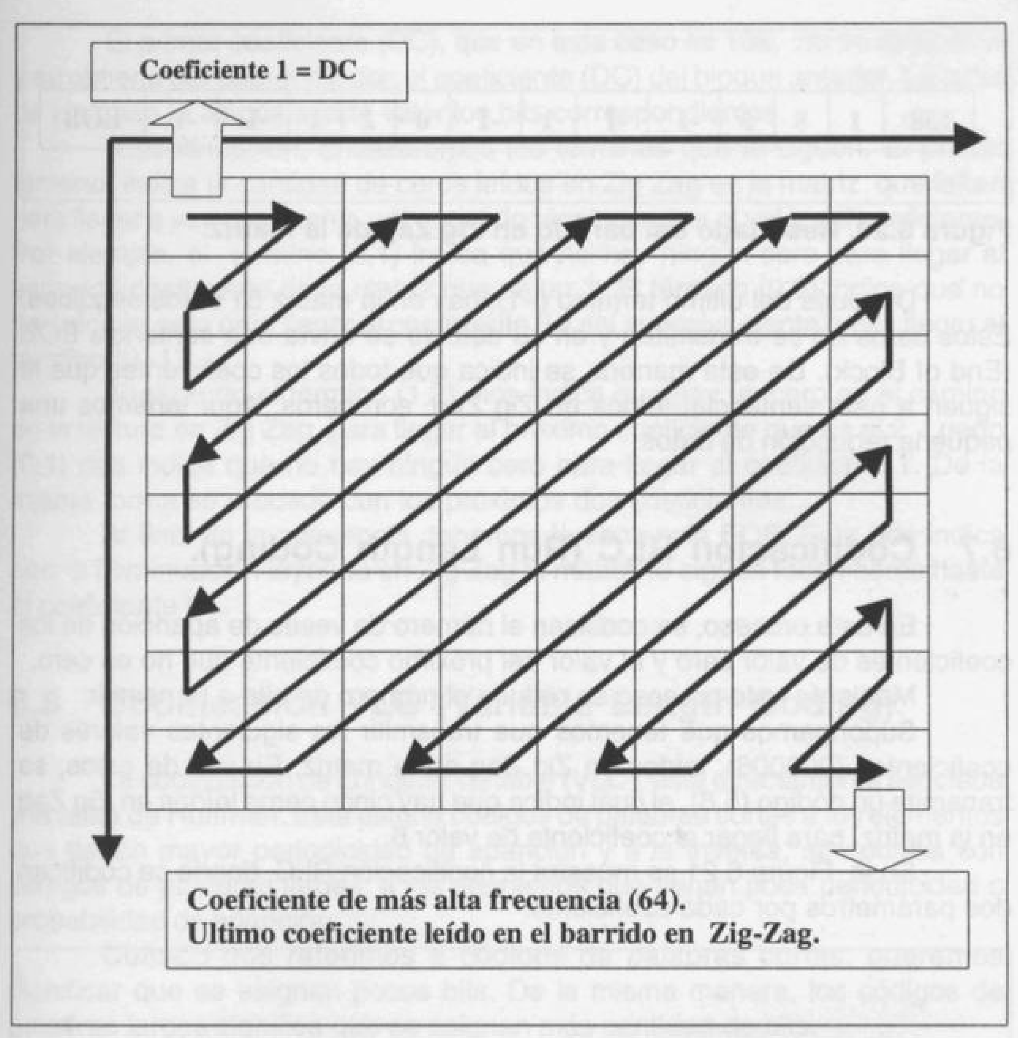
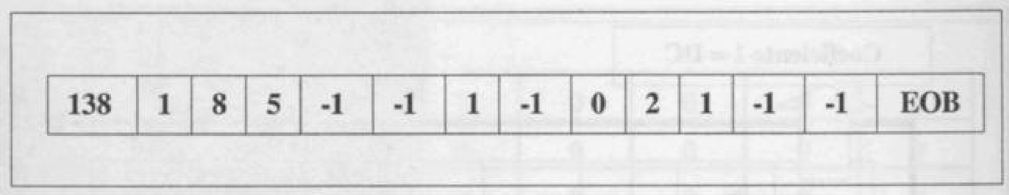


Figura 6.19. Barrido en Zig Zag de la matriz.

Aplicando este tipo de barrido en la matriz de la Figura 6.18, tendremos el siguiente orden de los coeficientes;

(138, 1, 8, 5, -1, -1, 1, -1, 0, 2, 1, -1, -1, 0 ,0 ,0 ,0 ,0 ,0 ,0 ,0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)

El barrido en Zig Zag lee los coeficientes de la siguiente manera, ver Figura 6.20.



138	1	8	5	-1	-1	1	-1	0	2	1	-1	-1	EOB

Figura 6.20. Resultado del barrido en Zig Zag de la matriz.

Después del último término (–1), hay en la matriz 51 ceros seguidos. Estos ceros no se transmiten y en su defecto se envía una sentencia EOB (End of Block). De esta manera, se indica que todos los coeficientes que le siguen a esta sentencia, leídos en Zig Zag, son ceros. Aquí tenemos una pequeña reducción de datos.

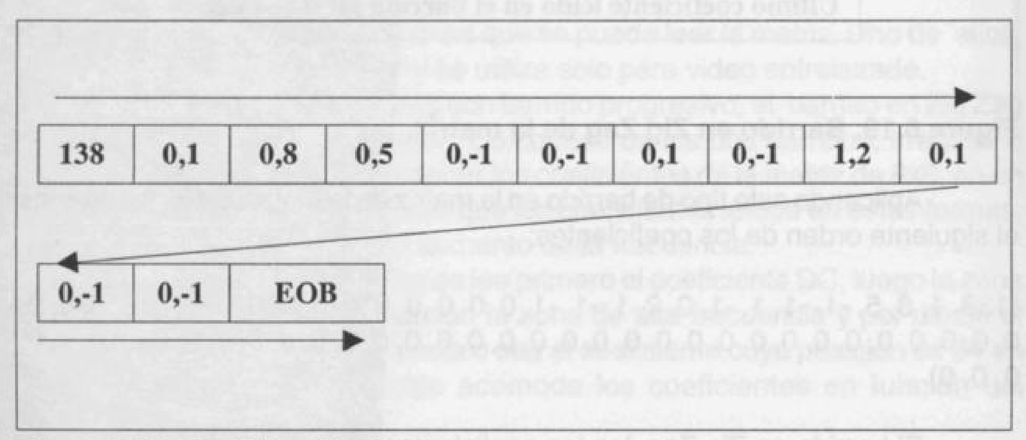
6.7 Codificación RLC (Run Length Coding).

En este proceso, se codifican el número de veces de aparición de los coeficientes de valor cero y el valor del próximo coeficiente que no es cero.

Mediante este proceso se reduce el número de bits a transmitir.

Supongamos que tenemos que transmitir los siguientes valores de coeficientes (000006), leídos en Zig Zag en la matriz. En vez de estos, se transmite un código (5,6), el cual indica que hay cinco ceros leídos en Zig Zag en la matriz, para llegar al coeficiente de valor 6.

En la Figura 6.21 se muestra la codificación RLC, donde se codifican dos parámetros por cada coeficiente.



138	0,1	0,8	0,5	0,-1	0,-1	0,1	0,-1	1,2	0,1
0,-1	0,-1	EOB							

Figura 6.21. Codificación RLC.

El primer coeficiente (DC), que en este caso es 138, no se comprime y se obtiene por diferencia con el coeficiente (DC) del bloque anterior. La tabla de Huffman le asigna a este valor los bits correspondientes.

A continuación, analizaremos los términos que le siguen. El primer término, indica la cantidad de ceros leídos en Zig Zag en la matriz que faltan para llegar a ese coeficiente y el segundo término indica el valor del coeficiente. Por ejemplo, el término (0,1) indica que no hay ningún cero para llegar al segundo coeficiente de la matriz que es un 1. El término (0,8) indica que no hay ningún cero para llegar al coeficiente 8 y así sucesivamente hasta llegar al término (0,-1).

Analizando el término (1,2), nos indica que hay un cero en el camino de la lectura en Zig Zag, para llegar al próximo coeficiente que es el 2. Luego (0,1) nos indica que no hay ningún cero para llegar al coeficiente 1. De la misma forma se procede con los próximos dos coeficientes.

Al final de la secuencia tenemos la sentencia EOB. Esta nos indica que a continuación leyendo en Zig Zag la matriz, le siguen todos ceros hasta el coeficiente 64.

6.8 Codificación VLC (Variable Length Coding).

La codificación de Longitud variable (VLC), está directamente asociada a la tabla de Huffman. Esta asigna códigos de palabras cortas a los elementos que tienen mayor periodicidad de aparición y a la inversa, se codifica con códigos de palabras largas, a los elementos que tienen poca periodicidad o probabilidad de aparición.

Cuando nos referimos a códigos de palabras cortas, queremos significar que se asignan pocos bits. De la misma manera, los códigos de palabras largos significa que se asignan más cantidad de bits.

En la Figura 6.22 reproducimos los valores del RLC anterior (Figura 6.21) y se muestra a manera de ejemplo, la cantidad de bits asignados en el VLC. Esta asignación es efectuada de acuerdo a la aparición de cada uno de los elementos.

De esta manera, se genera un código de palabra por cada par de valores. Por ejemplo tomemos el valor (0,1), al 0 se le asigna el código de palabra 1011 y al 1 se le asigna el código 1111.

Es importante destacar que en estas dos etapas (RLC y VLC), tenemos un importante factor de compresión.

El proceso de la tabla de Huffman es más complejo, pero hemos tratado de simplificarlo para una clara interpretación.

RLC	VLC	
138	1101	110
0,1	1011	1111
0,8	00	10
0,5	110	11
0,-1	111	01
0,-1	011	001
0,1	01	0
0,-1	1110	111
1,2	110001	1
0,1	001111	010
0,-1	11	00
0,-1	1000	101
EOB	1100	

Figura 6.22. Codificación de Longitud Variable (VLC).

El flujo final de bits considerando el VLC de la Figura 6.22 está representado en la Figura 6.23.

Para este ejemplo tenemos un flujo final de 76 bits. Si analizamos el número de bits después del proceso DCT tenemos;

Matriz de 8x8 = 64 coeficientes a 8 bits por coeficiente = 512 bits.
Relación de reducción de bits = 512/76 = 6,73

Con 76 bits representamos a 64 coeficientes de 8 bits cada uno.

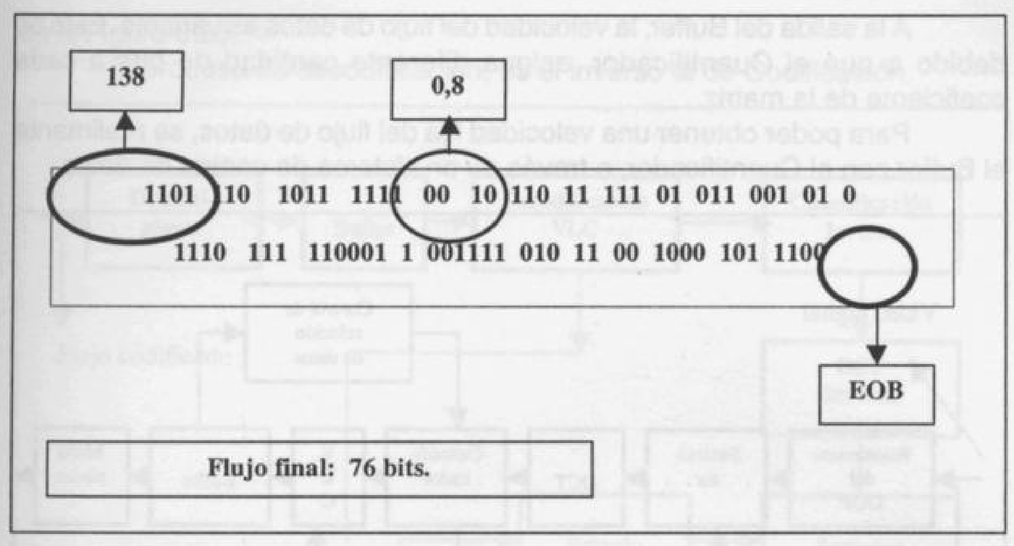


Figura 6.23. Flujo de bits comprimido.

La cantidad de bits/coeficiente viene dada por la relación 76/64 = 1,19 bits/coeficiente.

De esta forma, hemos reducido el flujo de datos. En vez de enviar 512 bits, una vez efectuado el proceso de compresión, enviamos solamente 76 bits.

6.9 Diagrama de un Codificador MPEG-2.

El diagrama de bloques del Codificador MPEG-2 se representa en la Figura 6.24. Este diagrama nos resulta familiar, pues todas sus etapas han sido analizadas en este capítulo y el anterior.

En el sustractor, se compara la imagen actual de entrada con la imagen previa predicha. De esta manera, la señal que ingresa ahora a la DCT, es el error de predicción. Este error es luego cuantificado e ingresa al VLC.

Para obtener la imagen previa, después del proceso de Cuantificación, la señal se De-cuantifica y se aplica a cada coeficiente la Transformada del Coseno Discreto Inversa (IDCT). La imagen previa es almacenada en memoria, estimándose el movimiento de la próxima imagen. Cuando se efectúa el apareamiento entre la imagen previa predicha y la imagen actual, como se había visto, se genera un vector de movimiento. Estos vectores son codificados en forma diferencial.

A la salida del Buffer, la velocidad del flujo de datos es variable. Esto es debido a que el Cuantificador, asigna diferente cantidad de bits a cada coeficiente de la matriz.

Para poder obtener una velocidad fija del flujo de datos, se realimenta el Buffer con el Cuantificador, a través de un sistema de control de datos.

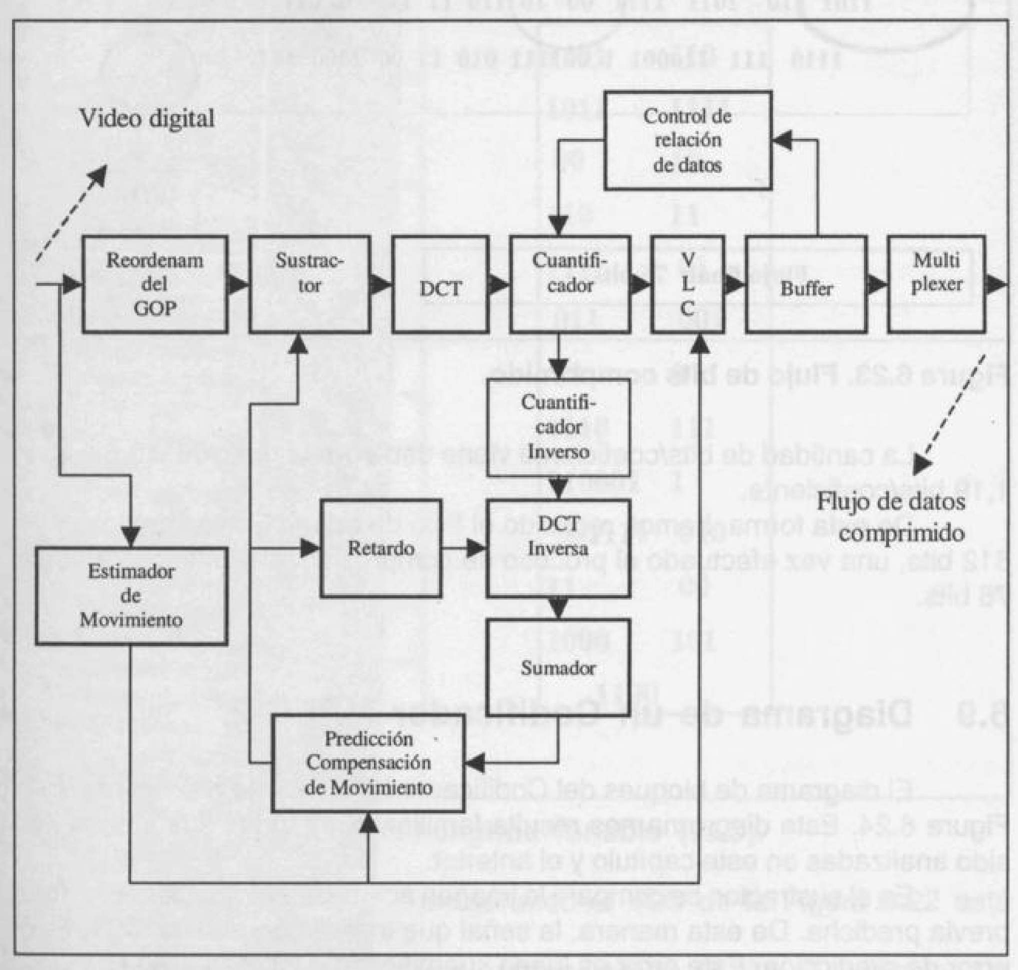


Figura 6.24. Diagrama de un Codificador MPEG-2.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

6.10 Diagrama de un Decodificador MPEG-2.

El diagrama de bloques de un Decodificador MPEG-2 se representa

en la Figura 6.25.

El proceso de decodificación, es el inverso al de Codificación.

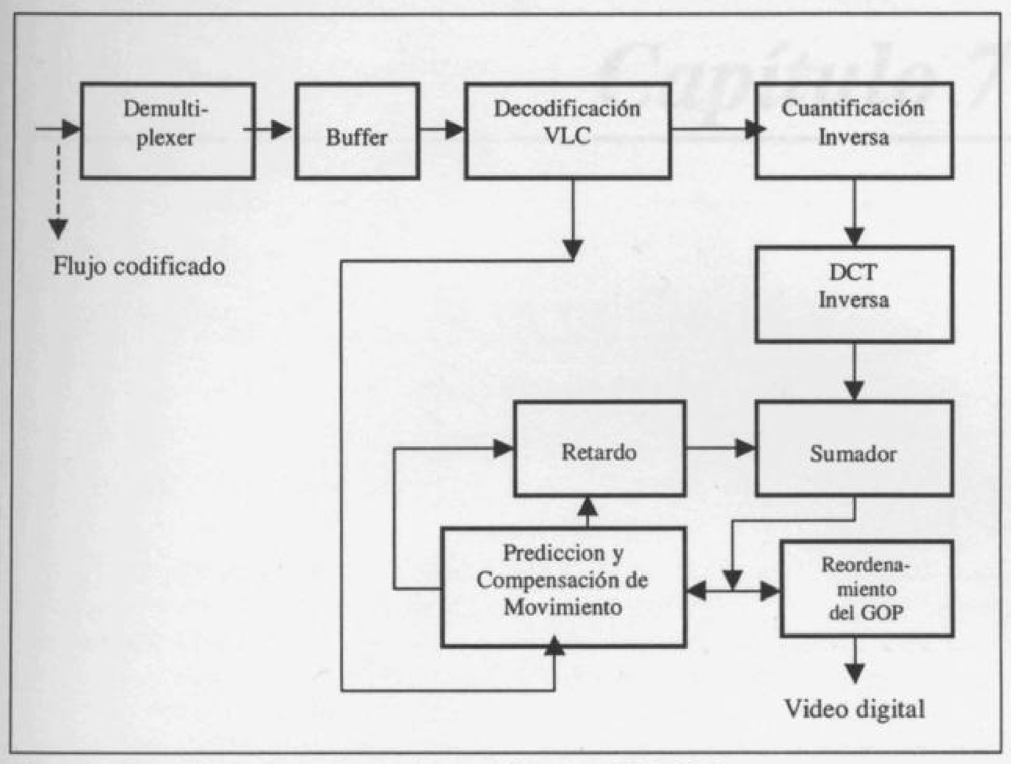


Figura 6.25. Diagrama de un Decodificador MPEG-2.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

La señal una vez demultiplexada, ingresa al VLC inverso a través del Buffer. En el Decodificador VLC se separan los vectores de movimiento que ingresan a la etapa de Predicción - Compensación de Movimiento y previo retardo, ingresan al Sumador. Recordemos que en el Decodificador no se hace estimación de movimiento alguna, pues esta se había efectuado en el Codificador.

Por la otra salida del Decodificador VLC, se obtienen las imágenes diferencia. A estas se aplica la Cuantificación inversa y a continuación la DCT inversa. A la entrada del Sumador tenemos las imágenes (I) o imágenes diferencia (B ó P).

La Compensación de Movimiento es utilizada para efectuar la conversión de las imágenes (B ó P) en imágenes reales.

Capítulo 7

Televisión de Alta Definición (HDTV)

7

TELEVISION DE ALTA DEFINICION (HDTV)

7.1 Introducción.

La Televisión de Alta Definición analógica, tuvo sus orígenes en Japón en el año 1968. En efecto, la NHK (televisión japonesa), comenzó en ese año los estudios para desarrollar un sistema de televisión de Alta Definición, que no fuera compatible con los sistemas convencionales. Estos desarrollos fueron dirigidos por el Dr. Takashi Fujio.

En 1970 finalizó el proyecto y las pruebas de este nuevo sistema. Este fué el primer desarrollo de la Televisión de Alta Definición (HDTV) analógica. Los parámetros principales de este nuevo sistema eran; 1125 líneas/ 60 Hz, un ancho de banda en luminancia de 30 MHz y 15 MHz para cada una de las señales diferencia de color. La relación de aspecto empleada en un principio era de 5:3.

En el año 1974, el Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR), organismo dependiente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), nombró en Europa una comisión denominada Grupo 11. Este tenía la misión de elaborar un estándar de HDTV. Varios subgrupos de trabajo conformaban este grupo, donde cada uno de ellos tenía asignadas distintas tareas. Una de las comisiones debía efectuar el estudio para implementar la norma de HDTV, otra comisión debía encargarse de elaborar las normas de Televisión Digital y así sucesivamente.

En el año 1977 en EE.UU., la Sociedad de Ingenieros de Televisión para Imágenes en Movimiento (SMPTE), formó un grupo de trabajo para la elaboración de una norma de HDTV.

Durante el año 1980 este grupo propuso una norma con 1100 líneas, barrido entrelazado y una frecuencia de campo de 60 Hz.

En el año 1981, la NHK de Japón comenzaba a efectuar demostraciones por todo el mundo del nuevo sistema de HDTV. Sin embargo, algunos países seguían desarrollando sus propios sistemas.

En el año 1985 el CCIR propuso un estándar único de HDTV. Los parámetros básicos del mismo eran: 1125 líneas, una relación de aspecto de 5:3 y barrido entrelazado 2:1. Sin embargo, Europa no accedió a esta norma, debido a la conversión de frecuencia de 50 a 60 Hz que debían realizar.

Ese mismo año se sometió a estudio del CCIR, un estándar basado en 1125 líneas/60 Hz. En la Figura 7.1 se analizan las características básicas de este estándar, que había sido solicitado por EE.UU., Canadá y Japón, mediante el documento 11.283/3 a esa organización.

SISTEMA 1125/60. DOCUMENTO 11.283/3	
Tipo de barrido utilizado	**2:1 (Entrelazado)**
Número total de líneas/cuadro	**1125**
Número total de líneas/campo	**562,5**
Número de líneas activas/cuadro	**1035**
Número de cuadros/segundo	**30**
Número de campos/segundo	**60**
Frecuencia horizontal	**30 x 1125 = 33.750 Hz**

Figura 7.1. Parámetros de barrido del estándar 1125/60, que habían solicitado EE.UU., Canadá y Japón al CCIR en 1985.

En 1986 surgió en Europa el proyecto Eureka. Este, preveía la fabricación de los equipos de estudio y transmisión, para el desarrollo del sistema europeo de HDTV analógica. Este proyecto tenía previsto utilizar MAC (Multiplexación de Componentes Analógicos), para la transmisión directa por satélite.

En 1987 varios países de Europa, mediante el documento 11.297, solicitaron al CCIR un sistema de HDTV. El mismo se basaba en 1250 líneas y barrido progresivo. En la Figura 7.2 se muestran los parámetros básicos de este sistema.

SISTEMA 1250/50. DOCUMENTO 11.297	
Tipo de barrido utilizado	1:1 (progresivo)
Número total de líneas/campo	1250
Número de líneas activas/campo	1152
Número de campos/segundo	50
Frecuencia horizontal	50 x 1250 = 62.500 Hz

Figura 7.2. Parámetros de barrido para el sistema 1250/50, solicitado por varios países de Europa al CCIR en 1987.

Nótese que en este caso, el tipo de barrido propuesto era 1:1 o sea progresivo.

En 1988 surgió un nuevo proyecto derivado del anterior. Se trataba del proyecto Eureka 256, que estaba orientado a la reducción de información de las altas velocidades binarias, que poseía la señal digital de HDTV.

A fin de facilitar el intercambio internacional de programas, en el año 1994 el SMPTE propuso un estándar único en el mundo. Este preveía utilizar 1080 líneas activas con barrido entrelazado ó progresivo. Esta propuesta se muestra en la Figura 7.3.

SISTEMA 1080/50* – 1080/60*	
Tipo de barrido utilizado	2:1 (Entrelazado)
Número total de líneas/cuadro	1125
Número total de líneas/campo	562,5
Número de líneas activas/cuadro	1080
Número de cuadros/segundo	25/29,97/30
Número de campos/segundo	50/59,94/60
Frecuencia horizontal	25 x 1125 = 28.125 Hz 29,97 x 1125 = 33.716,25 Hz 30 x 1125 = 33.750 Hz

*NOTA: Esta propuesta también contemplaba barrido 1:1 (progresivo). Por simplicidad, solo se indican los parámetros para barrido entrelazado.

Figura 7.3. Estándar único propuesto por el SMPTE en 1994.

7.2 Detalles de temporización de campo para 1250/50/2:1.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros principales de la Recomendación UIT-R BT.709-2 del año 1995. Estos parámetros corresponden al sistema 1250/50/2:1.

Item	Parámetro	Valor/Descripción
1	Número total de líneas/cuadro.	1250
2	Número total de líneas/campo	625
3	Líneas activas/cuadro.	1152
4	Líneas activas/campo.	576
5	Referencia de cuadro Ov.	OH en la línea 1.
6	Indicación de cuadro.	Línea 1250
7	Indicación de campo.	Línea 625
8	Líneas activas en el campo 1.	Líneas 45...620 inclusive.
9	Líneas activas en el campo 2.	Líneas 670...1245 inclusive.
10	Supresión de campo.	Líneas 1246...44 Y 621...669 inclusive.

Tabla 1. Detalles de temporización de campo para el sistema 1250/50/2:1.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

7.3 La relación de aspecto 16:9.

La relación de aspecto 16:9 surge con el desarrollo de la Televisión de Alta Definición. Esta relación le da a la imagen una mayor realidad de presencia.

En la Figura 7.4 podemos observar los distintos tamaños de pantallas utilizados en cine y en televisión. En este caso, vemos que la relación de aspecto 16:9 utilizada en HDTV, se asemeja a la relación utilizada en el cine de pantalla ancha.

No olvidemos que hoy día, la relación 16:9 también se utiliza en Televisión Digital Estándar (SDTV).

La señal digital SDI de 270 Mbps, es una señal con una estructura 4:2:2/10 bits, con una frecuencia de muestreo del canal de luminancia de 13,5 MHz y una frecuencia de muestreo de cada una de las señales diferencia de color de 6,75 MHz. Esta señal puede tener una relación de aspecto de 4:3 ó de 16:9.

Sin embargo, la verdadera relación 16:9 en Televisión Digital Estándar, corresponde a una señal de 360 Mbps/4:2:2. En este caso, la señal de luminancia (Y) es muestreada a 18 MHz y cada una de las señales diferencia de color (Cb y Cr), son muestreadas a 9 MHz cada una.

La relación de aspecto de 16:9 fue elegida por ser compatible con formatos existentes en el cine, además de mantener una relación cuadrática con el formato 4:3.

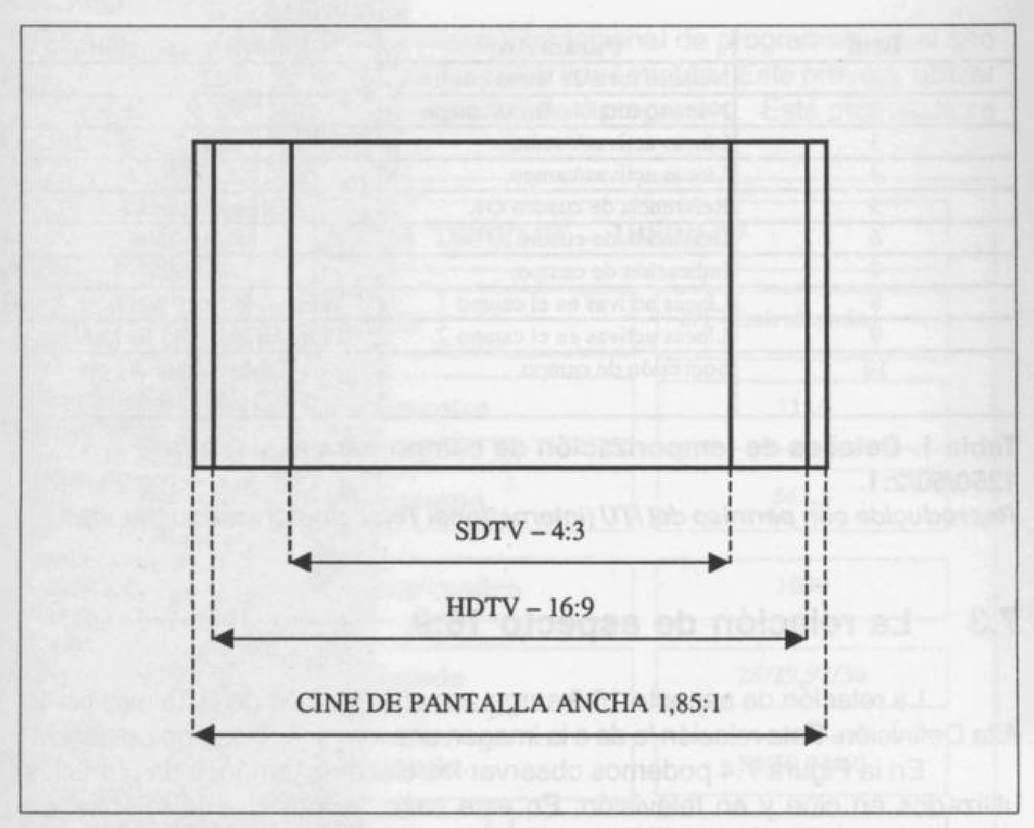


Figura 7.4. Comparación de las distintas relaciones de aspecto de pantalla de 4:3 y 16:9, con el cine de pantalla ancha.

Con la relación de aspecto 16:9 se incrementa el ángulo de visión horizontal.

El CCIR había determinado que con un ángulo de visión horizontal de 20º o más, la imagen es más envolvente y tiene mayor realidad de presencia.

Además, se determinó que la distancia óptima de observación a la pantalla, teniendo en cuenta el efecto mareo es de 3H, siendo H la altura de la misma. Para una pantalla con una relación 4:3 y a una distancia de observación de 3H, el ángulo de visión horizontal es de 10º. A esa misma distancia, si se cambia la relación de aspecto de la pantalla a 16:9, el ángulo de visión pasa a ser mayor a 20º.

En la Figura 7.5 se representan ambas relaciones de aspecto y el ángulo de visión horizontal, para un televidente ubicado a una distancia de 3H de la pantalla.

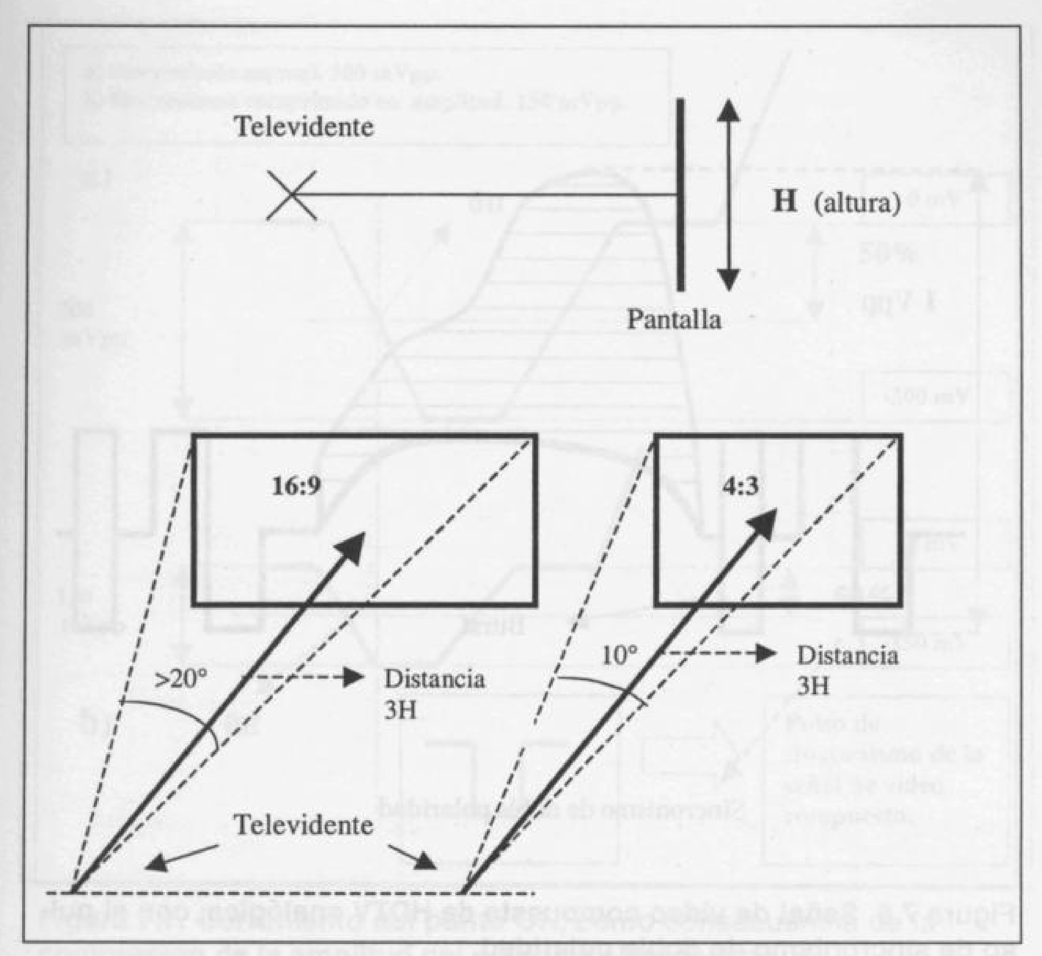


Figura 7.5. Angulo de visión horizontal para pantallas de 4:3 y 16:9.

7.4 La señal de video compuesta en HDTV analógica.

La señal de video compuesta de HDTV analógica es prácticamente igual en su conformación, a la señal de video de la televisión convencional. La única diferencia reside en el pulso de sincronismo horizontal, que es de doble polaridad.

En la Figura 7.6 se muestra la señal de video compuesta de HDTV, con el sincronismo de doble polaridad.

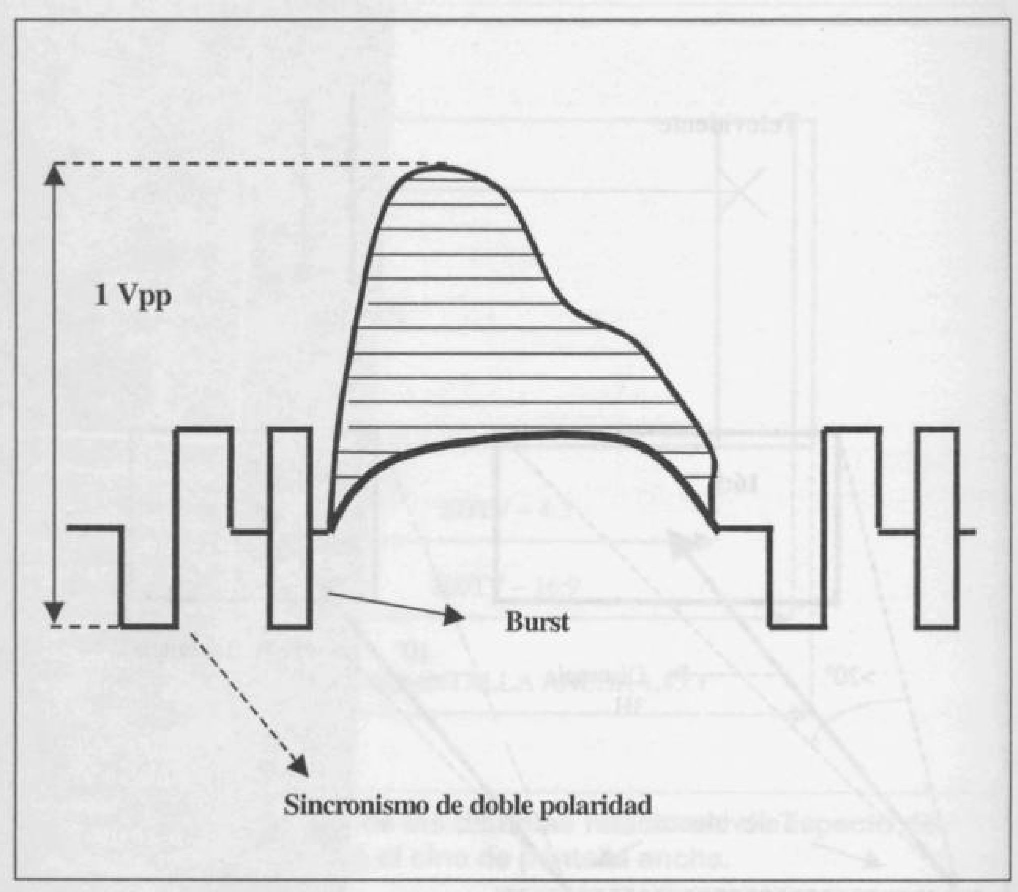


Figura 7.6. Señal de video compuesta de HDTV analógica, con el pulso de sincronismo de doble polaridad.

En la Figura 7.7 se analiza un ejemplo del corrimiento del pulso de sincronismo, cuando disminuye o se comprime por cualquier causa la amplitud de la señal.

En la parte a) de la Figura, se muestra un pulso de sincronismo normal de 300 mVpp de amplitud. En este caso, el punto de referencia OH coincide con el punto medio del flanco de bajada.

En la parte b) de la misma Figura, se muestra a manera de ejemplo, una disminución de la amplitud de la señal. Como consecuencia de esto, se produce una compresión en el pulso de sincronismo, que ha sido disminuído en su amplitud por cualquier causa. Supongamos que este pulso tiene ahora una amplitud de 150 mVpp. En este caso, el punto OH queda desplazado de su valor original.

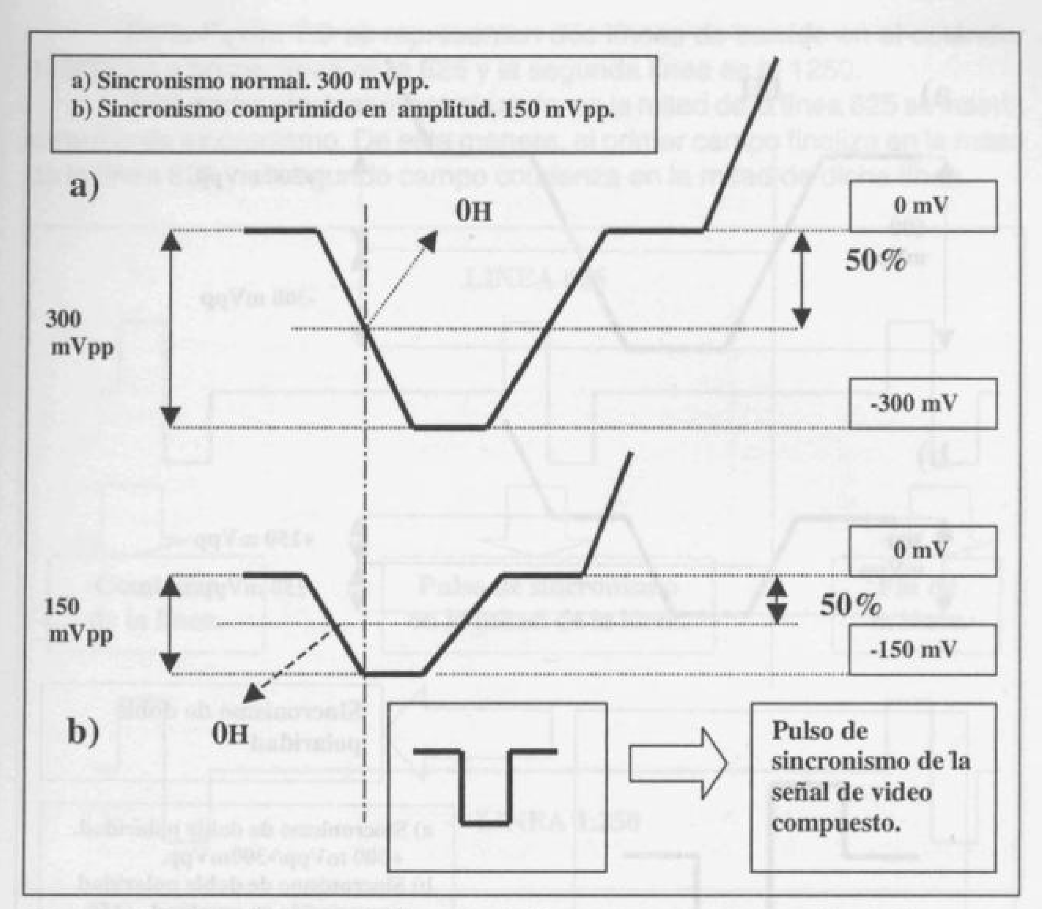


Figura 7.7. Corrimiento del punto OH, como consecuencia de la compresión de la amplitud del pulso de sincronismo.

Para evitar este problema, en HDTV analógica se implementó el pulso de sincronismo de doble polaridad. La parte positiva de la señal no afecta en absoluto la sincronización horizontal.

En la Figura 7.8 se muestra este pulso de sincronismo. En la parte a) de la Figura, el pulso tiene una amplitud hacia arriba de + 300 mVpp y una amplitud hacia abajo de -300 mVpp. En la parte b) de la misma Figura, se muestra a manera de ejemplo un pulso, cuya amplitud ha disminuído a la mitad o sea +150 mVpp hacia arriba y -150 mVpp hacia abajo.

Aquí, podemos apreciar que el punto medio del flanco de bajada OH no tiene corrimiento. Esto es debido a que la señal es simétrica o de doble polaridad.

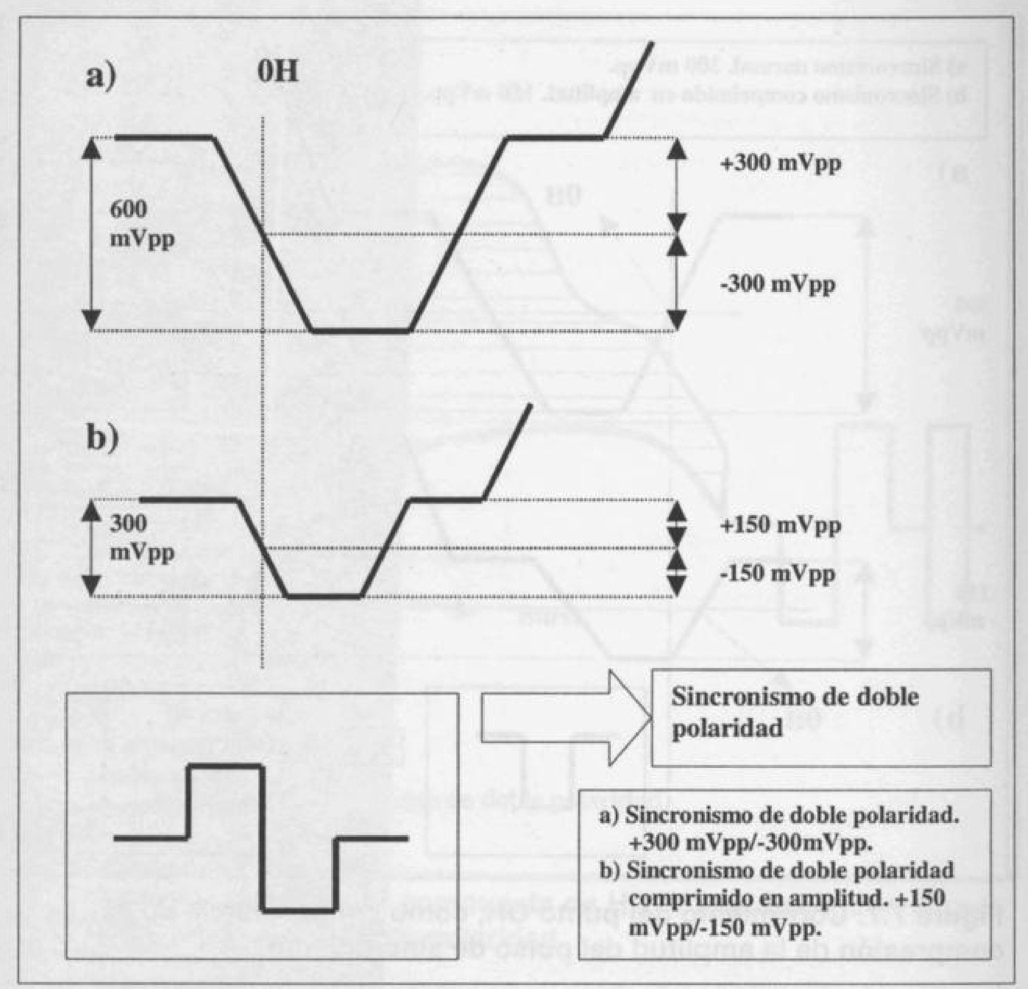


Figura 7.8. Pulso de sincronismo de doble polaridad de la señal de HDTV analógica.

7.5 Estándares 1250/50 y 1125/60.

Desde que comenzó la televisión de Alta Definición analógica existen dos estándares. El primero de ellos fue propuesto y desarrollado en Europa en 1250/50 y el segundo fue desarrollado en EE.UU en 1125/60.

Ambos estándares, tienen en común el aumento del número de líneas de barrido, la relación de aspecto 16:9 y el barrido entrelazado.

En la Figura 7.9 se representan dos líneas de barrido en el estándar 1250/50. La primer línea es la 625 y la segunda línea es la 1250.

Para poder efectuar el entrelazado, en la mitad de la línea 625 se inserta un pulso de sincronismo. De esta manera, el primer campo finaliza en la mitad de la línea 625 y el segundo campo comienza en la mitad de dicha línea.

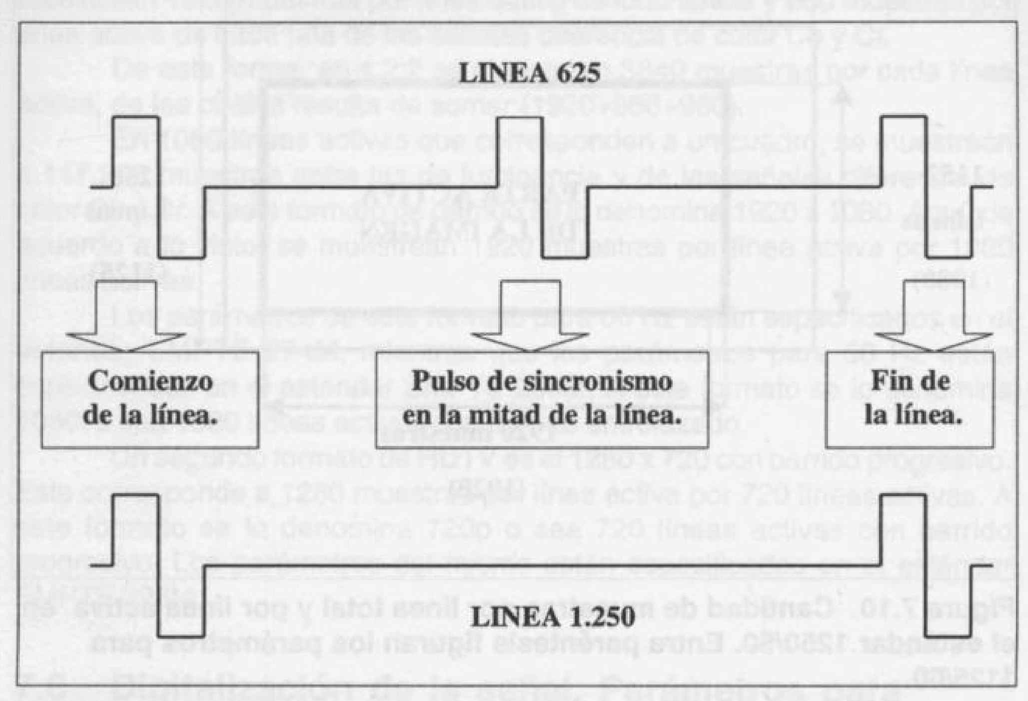


Figura 7.9. Líneas 625 y 1250 en el estándar 1250/50, con barrido entrelazado.

7.6 Digitalización de la señal de HDTV.

La digitalización de la señal de HDTV, es efectuada de la misma manera que la digitalización de la señal de televisión convencional.

Veremos a continuación, las diferencias que se producen en la digitalización de la señal de HDTV.

En la Figura 7.10 se analiza la parte total y la parte activa de la imagen, para los estándares 1250/50 y 1125/60.

El análisis que efectuaremos, corresponde al estándar 1250/50. Se indican entre paréntesis los valores para 1125/60.

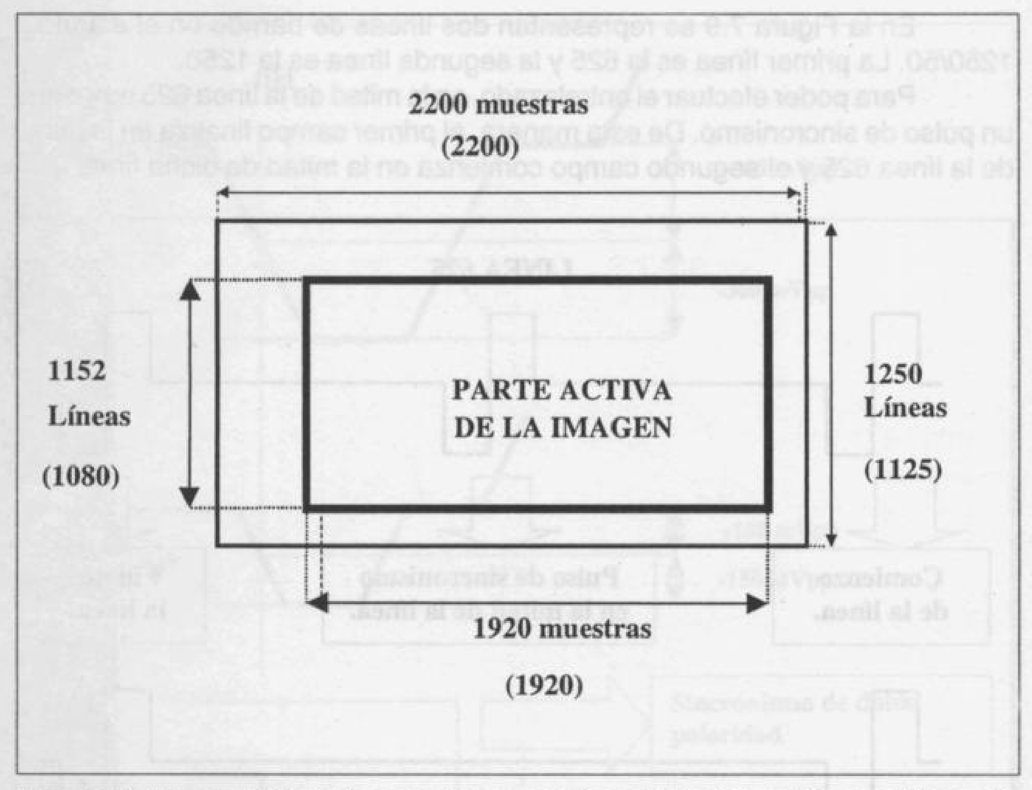


Figura 7.10. Cantidad de muestras por línea total y por línea activa en el estándar 1250/50. Entre paréntesis figuran los parámetros para 1125/60.

En la digitalización, se muestrean 2200 muestras por línea total o completa (parte activa de la línea más el retrazado), correspondiendo 1920 muestras por línea activa, para un total de 1152 líneas activas.

7.7 Formatos de HDTV.

En el Capítulo 2, hemos visto que la frecuencia de muestreo debe cumplir con el teorema de Nyquist y además debe ser un múltiplo entero de 2,25 MHz. Este concepto viene de Televisión Digital Estándar, donde esta frecuencia es el mínimo múltiplo entero común para las frecuencias de barrido de 625/50 y 525/60. En este caso, la frecuencia de muestreo de luminancia de 13,5 MHz es común para ambos estándares o sea 6 x 2,25 = 13,5 MHz.

El mismo criterio, se siguió para la elección de la frecuencia de muestreo utilizada en la digitalización de la señal de HDTV. Para el estándar 1250/50 se eligió la frecuencia de muestreo de 72 MHz, que es 32 veces la frecuencia de 2,25 MHz.

En los estándares 1250/50 y 1125/60, con una estructura 4:2:2, se muestrean 1920 muestras por línea activa de luminancia y 960 muestras por línea activa de cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr.

De esta forma, en 4:2:2 se muestrean 3840 muestras por cada línea activa, de las cuales resulta de sumar (1920+960+960).

En 1080 líneas activas que corresponden a un cuadro, se muestrean 4.147.200 muestras entre las de luminancia y de las señales diferencia de color Cb y Cr. A este formato de barrido se lo denomina 1920 x 1080. Aquí, de acuerdo a lo visto, se muestrean 1920 muestras por línea activa por 1080 líneas activas.

Los parámetros de este formato para 60 Hz están especificados en el estándar SMPTE 274M, mientras que los parámetros para 50 Hz están especificados en el estándar SMPTE 295M. A este formato se lo denomina 1080i o sea 1080 líneas activas con barrido entrelazado.

Un segundo formato de HDTV es el 1280 x 720 con barrido progresivo. Este corresponde a 1280 muestras por línea activa por 720 líneas activas. A este formato se lo denomina 720p o sea 720 líneas activas con barrido progresivo. Los parámetros del mismo están especificados en el estándar SMPTE 296M.

7.8 Digitalización de la señal. Parámetros para 1125/60/2:1 y 1250/50/2:1 en la estructura 4:2:2.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros principales de la codificación digital, para los estándares 1125/60 y 1250/50.

Existen algunas diferencias entre ambos estándares, en lo que respecta a la frecuencia de muestreo de la señal de luminancia y de las señales diferencia de color. Para la señal de luminancia, en el estándar 1125/60 este valor es de 74,25 MHz, mientras que en 1250/50, este valor es de 72 MHz.

Como la estructura de muestreo para ambos estándares es 4:2:2, la frecuencia de muestreo de cada una de las señales diferencia de color, será la mitad de la de luminancia, siendo en este caso también distintas en ambos estándares. También, existe una ligera diferencia en el número de muestras de luminancia y de cada una de las señales diferencia de color, por línea total o completa.

Parámetros	1125/60	1250/50
1- Señales codificadas, R, G, B y/o Y, Cb, Cr.	Estas señales se obtienen a partir de las señales con pre corrección de gamma, es decir E'y, E'r-E'y, E'b-E'y ó E'r, E'g, E'b. (1).	
2 - Retícula de muestreo R, G, B, Y.	Ortogonal, repetitiva en c/línea y en c/campo.	
3 - Señales de retícula de muestreo Cb y Cr.	Ortogonal, repetitiva en cada línea y en cada campo. Las muestras de las señales Cr y Cb coinciden en el espacio con las muestras alternadas de la señal Y. Las primeras muestras activas de la señal dif. de color coinciden en el espacio con la primera muestra activa de la señal Y.	
4 - Frecuencia de muestreo de Y. (2).	74,25 MHz +/- 10 x 10E-6	72 MHz +/- 10 x 10E-6
5 - Frecuencia de muestreo de Cr, Cb. (2).	37,125 MHz +/- 10 x 10E-6	36 MHz +/- 10 x 10E-6
6 - Número de muestras por línea. - R, G, B, Y - Cr, Cb	2200 1100	2304 1152
7 – Número de muestras activas por línea. - R, G, B, Y - Cr, Cb	1920 960	
8 - Posición de los primeros instantes de muestreo activo de las señales Y, Cr, Cb con respecto a la referencia temporal de sincronización analógica OH.	192 T (T = 1/74,25 MHz= 13,468 ns)	256 T (T = 1/72 MHz = 13,889 nseg.
9 – Formato de codificación.	MIC con cuantificación uniforme para cada una de las señales componentes del video. 8 ó 10 bits por muestra.	
10 -Asignación del nivel de cuantificación.(3). Datos de video Referencias de temporización.	Codificación de 8 bits 1,00 a 254,75 0,00 y 255,75	
11 - Niveles de cuantificación. (4). Nivel de negro R, G, B, Y. Nivel medio Cb, Cr. Valor de cresta nominal. R, G, B, Y. Valor de cresta nominal. Cb, Cr.	 16 128 235 16 y 240	

Tabla 2. Parámetros de la codificación digital para 1125/60 y 1250/50.
Reproducida con permiso del ITU (International Telecommunication Union).

Notas acerca de la Tabla 1:

(1). Se supone que los valores de E'r-E'y y E'b-E'y se vuelven a normalizar.
(2). El reloj o clock de muestreo debe sincronizarse a la frecuencia de línea.
(3). Para disminuir la confusión cuando se utilizan conjuntamente sistemas de 8 y 10 bits, los dos bits menos significativos en el sistema de 10 bits se consideran dos bits fraccionarios. La escala de cuantificación en un sistema de 8 bits va de 0 a 255 en pasos de 1 y en un sistema de 10 bits va de 0,00 a 255,75 en pasos de 0,25.
(4). Estos niveles se refieren a niveles de video nominales concretos. El proceso de la señal puede provocar a veces una desviación del nivel de la señal fuera de estos márgenes.

Otra diferencia que existe entre ambos estándares, se presenta en los períodos del muestreo activo de las señales de luminancia y de las señales diferencia de color, con respecto a la referencia temporal de sincronización analógica OH.

7.9 Cálculo de la velocidad binaria.

Haremos ahora, el cálculo de la velocidad binaria para el formato 1080i en 60 Hz, para 4:2:2/10 bits. Este cálculo, lo podemos efectuar de dos maneras;

En primera instancia y como se había visto en el Capítulo 2, a partir de la frecuencia de muestreo, se puede calcular la velocidad binaria mediante la fórmula:

Velocidad binaria en Mbps = (Frec. de muestreo de Y + Frec. de muestreo de Cb + Frec. de muestreo de Cr) x Nº de bits x muestra.

Aplicando esta fórmula tenemos:

Veloc. Binaria en Mbps = (74,25 + 37,125 + 37,125) x 10 = 1.485 Mbps = 1,485 Gbps.

Al mismo resultado podemos llegar aplicando otra fórmula, también vista en el Capítulo 2.

Veloc. binaria en Mbps = (Nº de muestras totales de Y + Nº de muestras totales de Cb + Nº de muestras totales de Cr) x Nº de líneas totales de barrido x Nº de cuadros por seg. x Nº de bits por muestra

Aplicando esta fórmula resulta:

Veloc. Binaria en Mbps = (2200 + 1100 + 1100) x 1125 x 30 x 10 = 1.485 Mbps = 1,485 Gbps.

Esta es la velocidad binaria de una señal digital de HDTV en Estudio, sin comprimir. Esta señal, corresponde a un formato 1080i o sea 1080 líneas activas con barrido entrelazado.

7.10 Niveles de cuantificación para 8 y 10 bits.

Los niveles de cuantificación, empleados en la señal de HDTV para 1250/50 y 1125/60, son los mismos que los utilizados para una señal de SDTV.

En la Tabla 3 se muestran los niveles de cuantificación de luminancia y de las señales diferencia de color Cb y Cr, para una señal de HDTV.

Parámetro	8 bits	10 bits
Total de niveles	256	1024
Nivel de negro de Y	16	64
Nivel máximo de blanco de Y	235	940
Nivel de cero para Cr y Cb	128	512
Nivel mínimo de pico de Cb y Cr	16	64
Nivel máximo de pico de Cb y Cr	240	940

Tabla 3. Niveles de cuantificación en HDTV para 8 y 10 bits.

Al igual que en Televisión Digital Estándar, en HDTV digital se emplea una estructura de muestreo 4:2:2, con una cuantificación de 10 bits por muestra de resolución.

Capítulo 8

Estándar MPEG-2

8

ESTANDAR MPEG-2

8.1 Introducción.

El estándar MPEG-2, es un conjunto o set de herramientas para la compresión de video, audio, datos y el multiplexado de los mismos. Este estándar es utilizado en aplicaciones Broadcast.

MPEG-2 se basa en las normas ISO/IEC, de las cuales, las más importantes para nuestro estudio son tres;

Sistemas. (Norma ISO/IEC 13.818-1).

Esta norma define las especificaciones a nivel de Sistema. La misma prevee los protocolos de paquetización de los datos, el multiplexado y demultiplexado de los mismos, el scrambling para Acceso Condicional y los métodos de sincronización para los Codificadores y Decodificadores.

Video. (Norma ISO/IEC 13.818-2).

Las especificaciones para la Compresión y Decompresión de las señales de Video, son definidas por esta norma. Las especificaciones están organizadas dentro del estándar en Perfiles y Niveles.

Audio. (Norma ISO/IEC 13.818-3).

En esta norma, se establecen las especificaciones para la Compresión y Decompresión de las señales de Audio. Básicamente, el estándar de audio MPEG-2 es similar al MPEG-1, pero con algunas mejoras. Las especificaciones están organizadas dentro del estándar en capas.

8.2 Características principales del estándar de video MPEG-2.

En la Figura 8.1 se muestran las principales características que prevee el estándar de video MPEG-2.

SISTEMA DE COMPRESIÓN DE VIDEO MPEG-2
Barrido : Entrelazado y progresivo.
Estructuras de muestreo 4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4. Resolución de luminancia y croma: 8 bits.
Resolución: Hasta 16.383 pixeles x 16.383 líneas. Incluye todas las aplicaciones utilizadas en Radiodifusión.
Soporta formatos de imagen 4:3 y 16:9.
Velocidad de datos codificados: 400 bits/seg. hasta 439,5 Gb/s
Codificación de imagen: Intra cuadros e Inter cuadros, (imágenes I, B y P).

Figura 8.1. Características del estándar de video MPEG-2.

MPEG-2 prevee la utilización de las estructuras de muestreo 4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4, con una resolución de cuantificación de 8 bits por muestra de resolución.

La estructura de muestreo más utilizada es la 4:2:0. En ésta, la resolución de croma se reduce a la mitad, respecto de la estructura 4:2:2.

Además, en 4:2:0 la velocidad binaria es un 25% menor que en 4:2:2.

La estructura 4:4:4, a pesar de su excelente calidad, es más costosa y la velocidad binaria total es mayor que en 4:2:2. Esta estructura no es utilizada en compresión.

La velocidad binaria para la estructura 4:4:4 es:

Velocidad binaria total (4:4:4): (13,5 + 13,5 + 13,5) MHz x 10 bits = 405 Mbps.

Es evidente que una señal con una estructura de muestreo 4:4:4, tendrá una velocidad binaria mayor que una señal que ha sido muestreada en 4:2:2.

Si queremos comprimir la señal 4:4:4 de 405 Mbps a 6 Mbps, la relación de compresión a aplicar será:

Relación de compresión = 405/6 = 67,5:1

Si el mismo programa lo queremos comprimir a 6 Mbps, pero partimos de una señal 4:2:2 en 270 Mbps, la relación de compresión a aplicar será:

Relación de compresión = 270/6 = 45:1

En este caso, aplicamos menor relación de compresión para tener la misma velocidad del flujo de datos.

Una señal en 4:2:0 tiene una velocidad binaria de 202,5 Mbps. Si esta señal la comprimimos a 6 Mbps, tendremos entonces una menor relación de compresión, que los ejemplos anteriores:

Relación de compresión = 202,5/6 = 33,75:1

En MPEG-2, usualmente se utiliza la estructura de muestreo 4:2:0.

El estándar prevee una resolución de 16.383 pixeles por 16.383 líneas activas. Esto nos indica que están previstas otras resoluciones para ser utilizadas a futuro dentro del estándar.

El estándar MPEG-2 soporta formatos 4:3 y 16:9. Este último, se refiere al formato utilizado en HDTV o en Televisión Digital Estándar (SDTV).

La velocidad del tren digital comprimido indicada en el estándar, comienza desde 400 bits/seg. hasta 439,5 Gbit/seg. Esta velocidad es impensable que pueda ser utilizada hoy día. Sin embargo, el estándar prevee esta velocidad máxima para aplicaciones futuras.

La Codificación o Compresión de imágenes se refiere en el estándar a las imágenes I, B y P.

8.3 Perfiles y Niveles en MPEG-2.

En el estándar de video MPEG-2 tenemos diferentes perfiles y niveles. Los perfiles determinan la relación de compresión, mientras que los niveles determinan la resolución de la imagen. A continuación se analizarán los distintos perfiles y niveles para el estándar 625/50.

Los perfiles más importantes utilizados en el estándar, se definen a continuación:

Perfil Bajo: (Low Profile). Solo utiliza cuadros I y P. En este caso, el Codificador y el Decodificador se simplifican en complejidad y precio. Al no utilizar cuadros B (bidireccionales), la calidad es pobre.

Perfil Principal: (Main Profile). Utiliza cuadros I, B y P. La calidad es superior al Perfil Bajo. También el Codificador y el Decodificador son más complejos y de mayor costo. Sin embargo, este Perfil es la mejor performance en relación calidad / relación de compresión.

Perfil SNR: (SNR Profile). Este Perfil está previsto para aplicaciones futuras.

Perfil Escalable: (Scaleable Profile). Este Perfil permite transmitir una señal de Televisión Digital Estándar (SDTV) y una de Alta definición (HDTV). Además, prevee que el Decoder reciba ambas señales.

Perfil Alto: (High Profile). Este Perfil es de un nivel superior, pero es compatible con los perfiles anteriores.

A continuación, se definen los niveles más importantes utilizados en el estándar.

Nivel Bajo: (Low Level). Este nivel corresponde a una resolución muy baja de 352 muestras por línea por 288 líneas activas.

Nivel Principal: (Main Level). Es utilizado para SDTV. Tiene una resolución de 720 muestras por línea por 576 líneas activas. Este nivel está definido para 625 líneas totales de barrido por cuadro.

Nivel Alto 14: (14 High Level). Se utiliza para HDTV. Corresponde a una resolución de 1440 muestras por línea activa por 1152 líneas activas. Este nivel está definido para 1250 líneas totales de barrido por cuadro.

Nivel Alto: (High Level). Se utiliza para HDTV. Corresponde a una resolución de 1920 muestras por línea activa por 1152 líneas activas. Este nivel está definido para 1250 líneas totales de barrido por cuadro.

8.3.1 Perfiles vs. Nivel Bajo.

En este caso, se analizan los cinco perfiles con el Nivel Bajo, ver Figura 8.2.

PERFILES Y NIVELES DE MPEG-2

PERFIL	ESPECIFICACIONES	NIVEL BAJO
BAJO	Cuadros I, P. 4:2:0	X
PRINCIPAL	Cuadros I, P, B. 4:2:0	352 x 288* (4 Mbps)
SNR	Cuadros I, P, B. 4:2:0	352 x 288* (4 Mbps)
ESPACIAL	Cuadros I, P, B. 4:2:0	X
ALTO	Cuadros I, P, B. 4:2:0 - 4:2:2	X

*Muestras/línea x Líneas/cuadro.

Figura 8.2. Comparación de los cinco perfiles con el Nivel Bajo.

Las velocidades indicadas en los distintos niveles, son las máximas admitidas dentro del estándar. Se pueden utilizar velocidades menores a las indicadas en cada caso.

En todos los niveles, la resolución dada corresponde al estándar 625/50.

El Perfil Bajo con el Nivel Bajo no tiene aplicación. El Perfil Principal y el SNR con el Nivel Bajo, si bien tiene baja resolución, utilizan cuadros I, B y P y permiten obtener una velocidad binaria menor o igual a 4 Mbps.

Esta velocidad, para programas con contenidos de movimientos moderados, es suficiente. Sin embargo, la resolución 352x288 no es para aplicaciones broadcast.

Los perfiles Espacial y Alto con el Nivel Bajo no tienen aplicación.

8.3.2 Perfiles vs. Nivel Principal.

En la Figura 8.3 comparamos los cinco perfiles con el Nivel Principal.

El más utilizado es el Perfil Principal con el Nivel Principal, denominado MP@ML. Aquí, la estructura de muestreo de la señal a comprimir es 4:2:0 y la velocidad binaria máxima a comprimir es de 15 Mbps.

PERFILES Y NIVELES DE MPEG-2

PERFIL	ESPECIFICACIONES	NIVEL PRINCIPAL
BAJO	Cuadros I, P. 4:2:0	720 x 576* (15 Mbps)
PRINCIPAL	Cuadros I, P, B. 4:2:0	720 x 576* (15 Mbps)
SNR	Cuadros I, P, B. 4:2:0	720 x 576* (15 Mbps)
ESPACIAL	Cuadros I, P, B. 4:2:0	X
ALTO	Cuadros I, P, B. 4:2:0 - 4:2:2	720 x 576* (20 Mbps)

*Muestras/línea x Líneas/cuadro.

Figura 8.3. Comparación de los cinco perfiles con el Nivel Principal.

En el Perfil Alto con el Nivel Principal, se incluye además la estructura 4:2:2 y la velocidad del flujo de datos máxima es de 20 Mbps. La resolución es de 720 x 576.

El Perfil Espacial con el Nivel Principal no es utilizado.

8.3.3 Perfiles vs. Nivel Alto (High 14).

En la Figura 8.4 se muestra la comparación de los cinco perfiles con el Nivel Alto 14. En este ejemplo, el Perfil Bajo y el SNR no tienen aplicación dentro del estándar.

El Nivel High 14 es utilizado para Televisión de Alta Definición.

El Perfil Principal con este nivel prevee 1440 muestras por línea activa por 1152 líneas activas y una velocidad binaria máxima de 60 Mbps.

Además, contempla la utilización de cuadros I, B y P y una estructura de muestreo de la señal de 4:2:0. El Perfil Espacial con este Nivel es igual al Perfil Principal.

El Perfil Alto con el Nivel Alto 14, además de la estructura 4:2:0, emplea la estructura 4:2:2 y una velocidad máxima del flujo de datos de 80 Mbps.

PERFILES Y NIVELES DE MPEG-2

PERFIL	ESPECIFICACIONES	NIVEL ALTO 14
BAJO	Cuadros I, P. 4:2:0	X
PRINCIPAL	Cuadros I, P, B. 4:2:0	1440x1152* (60 Mbps)
SNR	Cuadros I, P, B. 4:2:0	X
ESPACIAL	Cuadros I, P, B. 4:2:0	1440x1152* (60 Mbps)
ALTO	Cuadros I, P, B. 4:2:0 - 4:2:2	1440x1152* (80 Mbps)

*Muestras/línea x Líneas/cuadro.

Figura 8.4. Comparación de los cinco perfiles con el Nivel Alto 14 (High 14).

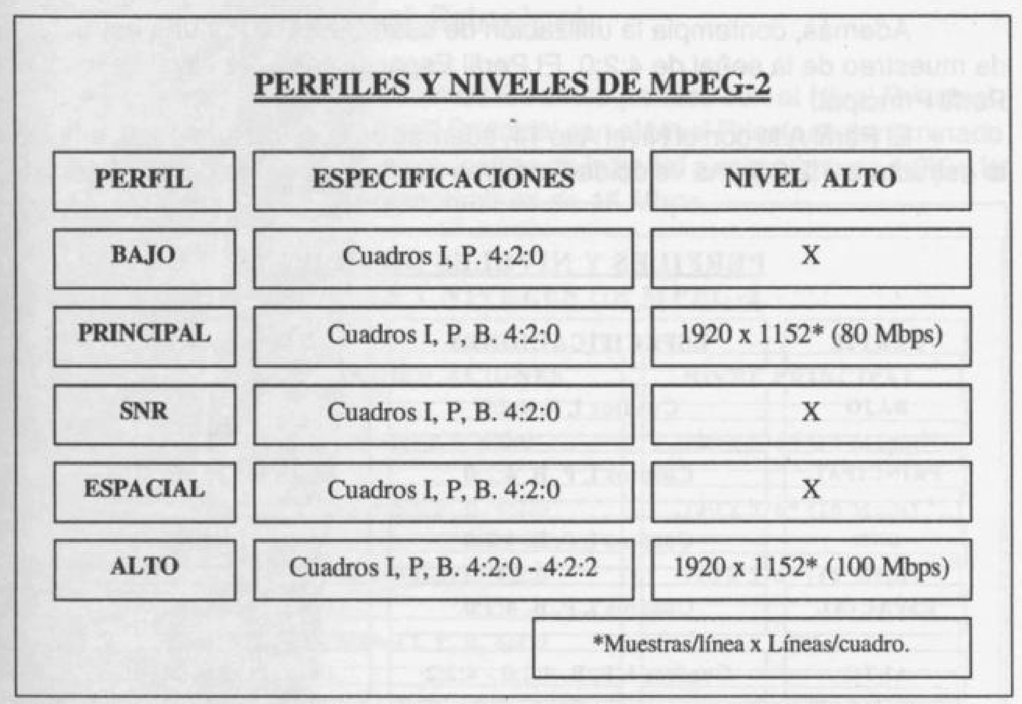
8.3.4 Perfiles vs. Nivel Alto (High).

En la Figura 8.5 se comparan los cinco perfiles con el nivel Alto (High). Este nivel también es utilizado para HDTV.

Los perfiles Bajo, SNR y Espacial con este Nivel, no tienen aplicación.

El Perfil Principal con el Nivel Principal, contempla la utilización de 1920 muestras por línea activa por 1152 líneas activas y una velocidad máxima de 80 Mbps. Utiliza cuadros I, B y P y una estructura 4:2:0.

El Perfil Alto con el Nivel Alto, prevee una resolución de 1920 muestras por línea activa por 1152 líneas activas, a una velocidad binaria máxima de 100 Mbps. En este Perfil se emplean cuadros I, B y P y la señal a comprimir puede ser 4:2:0 o 4:2:2. El estándar MPEG-2, en estos perfiles y en los niveles High y High 14, prevee la utilización de 1152 líneas activas.



PERFILES Y NIVELES DE MPEG-2

PERFIL	ESPECIFICACIONES	NIVEL ALTO
BAJO	Cuadros I, P. 4:2:0	X
PRINCIPAL	Cuadros I, P, B. 4:2:0	1920 x 1152* (80 Mbps)
SNR	Cuadros I, P, B. 4:2:0	X
ESPACIAL	Cuadros I, P, B. 4:2:0	X
ALTO	Cuadros I, P, B. 4:2:0 - 4:2:2	1920 x 1152* (100 Mbps)

*Muestras/línea x Líneas/cuadro.

Figura 8.5. Comparación de los cinco perfiles con el Nivel Alto (High).

8.3.5 Perfil Principal / Nivel Principal (MP@ML).

El Main Profile @ Main Level (Perfil Principal @ Nivel Principal), comunmente denominado MP@ML, es utilizado en SDTV.

Hoy día, es común en un equipo que utiliza compresión MPEG-2, especificar los parámetros de compresión, simplemente indicando la nomenclatura MP@ML.

Cuando las especificaciones de compresión se muestran de esta forma, significa que las características corresponden a las mostradas en la Figura 8.6.

Para los estándares 625/50 y 525/60 la cantidad de muestras de luminancia (Y) por línea activa es la misma (720). La diferencia es la cantidad de líneas activas en cada estándar.

Los demás parámetros como ser; estructura de muestreo, tipo de cuadros empleados, predicción de movimiento, máxima velocidad del flujo de datos y utilización de la DCT para la codificación, son iguales para ambos estándares.

PARAMETROS MP@ML

- **Muestreo de la señal digital:**
  720 muestras de luminancia por línea activa por 576 líneas activas. (Para 625/50).
  720 muestras de luminancia por línea activa por 480 líneas activas. (Para 525/60).
- **Estructura de muestreo antes de la compresión: 4:2:0. ***
- **Estructura de cuadros I, B y P con predicción de movimiento.***
- **Máxima velocidad del flujo de datos: 15 Mbps.***
- **Codificación: Transformada del Coseno Discreto (DCT).***

*** Para 625/50 y 525/60**

Figura 8.6. Especificaciones del Perfil Principal/Nivel Principal de MPEG-2 para 625/50 y 525/60.

8.4 Estándar de audio MPEG-2.

El estándar de compresión de audio MPEG-2 es similar al MPEG-1, salvo algunas diferencias. MPEG-2 prevee la codificación de múltiples programas de audio, para aplicaciónes Broadcast. En este caso, se pueden codificar hasta seis canales de audio en un solo flujo de datos.

Otra de las diferencias fundamentales, es la adopción de las frecuencias de muestreo mitad. En efecto, además de las frecuencias de muestreo utilizadas en MPEG-1 de (32 - 44,1 y 48) KHz, en MPEG-2 se utilizan las frecuencias de muestreo mitad (16 - 22,05 y 24KHz). Estas, son utilizadas para aplicaciones de programas con varios idiomas de audio, en multimedia y en productos de consumo masivo.

Mediante el sistema de Compresión de Audio MPEG-2, se logra una reducción importante del flujo de datos.

La formula para el cálculo de la velocidad binaria de varios canales de audio es;

Velocidad binaria (Mbps) = Frecuencia de muestro (KHz) x Número de bits por muestra de resolución x Cantidad de canales o programas.

Tomemos como ejemplo un flujo de datos de 6 canales AES/EBU, donde cada uno de ellos ha sido muestreado a 44,1 KHz y cuantificado a 20 bits por muestra de resolución.

Aplicando la fórmula tenemos:

Velocidad binaria (Mbps) = 44,1 x 20 x 6 = 5,29 Mbps.

En MPEG-2, se pueden transportar estos seis programas de audio comprimidos en un solo flujo de datos a 384 Kbps.

La relación de compresión adoptada en este caso es:

Relación de compresión = Velocidad binaria del flujo de entrada al compresor/ velocidad binaria del flujo de salida del compresor.

Aplicando la fórmula, tenemos:

Relación de compresión = 5.290 Kbps / 384 Kbps = 13,77:1

8.5 Capas de audio en MPEG-2.

El Estándar de audio MPEG-2 está especificado en tres capas. Cada una de ellas define la calidad y su propio grado de compresión.

Estas capas, emplean técnicas especiales para la compresión de la señal de audio.

La menor relación de compresión se obtiene en la Capa I, mientras que la máxima relación de compresión, se alcanza en la Capa III.

Los Decodificadores utilizados, deben ser de compatibilidad descendente. Esto significa que un Decodificador de la capa III, debe poder decodificar flujos de audio de las capas II y I. De la misma manera, un Decodificador de la capa II, debe poder decodificar un flujo de datos de audio de la capa I.

MPEG-2 es compatible con MPEG-1 con codificación mono, estéreo y canal dual.

8.5.1 Capa I de audio.

En la Figura 8.7, se representan las características principales de la capa I de audio del estándar MPEG-2..

Compresión de audio MPEG-2. Capa I
Aplicación: Equipos de consumo masivo.
Velocidad del tren de datos: 32 a 448 Kbps
Alta calidad: Mono 192 Kbps. Estéreo: 384 Kbps.
Señal de entrada: Se divide en 32 sub bandas.
Cuantificación de cada sub banda: 0 a 15 bits.
Codificación: Canal Mono, dual, estéreo, estéreo asociado.

Figura 8.7. Características principales de la capa I de audio.

Los parámetros de esta capa son utilizados para la codificación en equipos de consumo masivo, como ser grabadores de audio digitales, etc. Aquí, se puede codificar la señal en 14 velocidades binarias diferentes, en el rango de 192 a 448 Kbps.

La señal de entrada a codificar, es dividida mediante un Banco de Filtros en 32 bandas. Cada una de estas bandas puede tener una cuantificación de 0 a 15 bits.

Esta capa, permite alcanzar una relación de compresión de hasta 1:4 y es la que menos calidad de audio tiene de las tres.

La codificación, como se ha visto en la Figura 8.7, se puede aplicar en cuatro configuraciones sobre esta capa.

Cada una de estas codificaciones, es definida a continuación:

Mono: Se codifica un canal solamente.
Dual: Cada canal se comprime por separado.
Estéreo: Se codifican ambos canales (izquierdo y derecho) por separado.
Estéreo asociado: Se comprimen ambos canales del estéreo juntos.

8.5.2 Capa II de audio.

La capa II denominada Musicam, es la que utiliza el Estándar DVB-T para Televisión Digital Terrestre. Las características principales de esta capa, se muestran en la Figura 8.8.

Compresión de audio MPEG-2. Capa II
Aplicación: Broadcast dentro del estándar DVB-T.
Velocidad del tren de datos: 32 a 192 Kbps por canal*.
Velocidad del tren de datos: 8 a 160 Kbps por canal.**
Señal de entrada: Se divide en 32 sub bandas.
Cuantificación de cada sub banda: 0 a 15 bits.
Codificación: Canales múltiples. Canal Mono, dual y estéreo.

Figura 8.8. Características principales de la capa II de audio.

*Para las frecuencias de muestreo de (32 - 44,1 y 48) KHz, la velocidad del flujo de datos comienza desde 32 hasta 192 Kbps. Las velocidades binarias fijas dentro de ese rango son por pasos, como se especifican a continuación; (32-48-56-64-80-96112-128-160-192) Kbps.

**Para las frecuencias de muestreo mitad de (16-22,05-24) KHz, la velocidad del flujo de datos va desde 8 hasta 160 Kbps. Las velocidades binarias fijas dentro de este rango, son también por pasos, y se especifican a continuación; (8-16-24-32-40-48-56-64-80-96-112-128-144-160) Kbps.

La relación de compresión máxima que admite esta capa, es de aproximadamente 1:5,5.

Esta capa, soporta además la codificación de hasta seis canales de audio.

8.5.3 Capa III de audio.

En la Figura 8.9 se muestran algunas de las características principales de la capa III.

Compresión de audio MPEG-2. Capa III
Aplicación: Redes de baja velocidad.
Velocidad del tren de datos: 32 a 320 Kbps
Calidad: Mono 64 Kbps. Estéreo: 128 Kbps.
Codificación: Tabla de Huffman. Se emplea DCT.
Codificación: Canal Mono, dual, estéreo, estéreo asociado.

Figura 8.9. Características principales de la capa III de audio.

La capa III de audio no tiene aplicación Broadcast. Esta capa es la única que utiliza la Transformada del Coseno Discreto y la tabla de Huffman.

La velocidad total de los datos es menor que la capa II y va desde 32 hasta 320 Kbps.

En esta capa se puede aplicar una relación de compresión de 1:10 o sea casi el doble que la capa II.

Capítulo 9

Múltiplex y Flujo de Transporte MPEG-2

9

MULTIPLEX Y FLUJO DE TRANSPORTE MPEG-2

9.1 Introducción.

La norma ISO/IEC 13.818-1, establece los protocolos de paquetización de los datos, el multiplexado y demultiplexado de los mismos. Esta norma, ha sido adoptada por el estándar MPEG-2.

En este Capítulo, analizaremos primero la formación del Program Stream (PS), que es el Flujo de Programa. Este, está formado por la combinación de los distintos PES, en el Múltiplex de Programa. Los PES (Packetizad Elementary Stream), que se combinan para formar este flujo deben compartir una base de tiempo común.

También veremos luego, la formación del Transport Stream (TS), que es el Flujo de Transporte MPEG-2. Este es formado en el Múltiplex de Transporte, donde se combinan los distintos flujos de video, audio y datos comprimidos, provenientes de cada uno de los PES o de los distintos Flujos de Programa (PS).

El Flujo de Transporte, se va formando con porciones de 188 bytes de video, audio y datos extraídos de los PES o de los (PS). Este flujo, está conformado por paquetes MPEG-2. Estos deben ir sincronizados y cada uno de ellos debe tener una cabecera de información.

Este flujo, es el que luego será modulado en forma digital y en cualquiera de los estándares, para luego ser transmitido por cualquier medio (terrestre, cable, satélite etc).

El Decodificador debe reordenar estos paquetes en sus distintas secuencias y para ello, necesita la sincronización e información que contienen las cabeceras de los mismos.

9.2 El paquete PES (Packetized Elementary Stream).

El PES es un flujo de paquetes de datos que ha sido formado mediante la paquetización de los flujos elementales (ES).

En la Figura 9.1 se muestra un diagrama que contiene un PES de video y un PES de audio. Cada uno de estos, se ha formado como consecuencia de paquetizar el ES (Elementary Stream) o flujo elemental de datos comprimido.

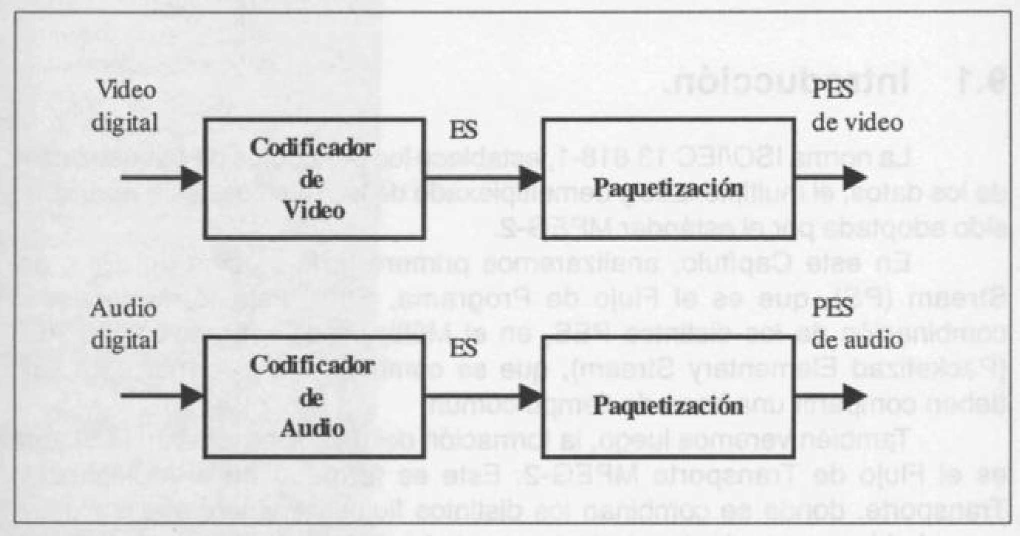


Figura 9.1. Formación de los PES de video y audio.

Los paquetes PES tienen una longitud variable. Esto significa que cada paquete puede tener cualquier longitud.

La máxima capacidad de datos de un PES es de 2E16 o sea 65,536 Kbytes.

En la Figura 9.2 se representa la formación del PES de video y el PES de audio, a partir de los flujos elementales (ES) de video y audio.

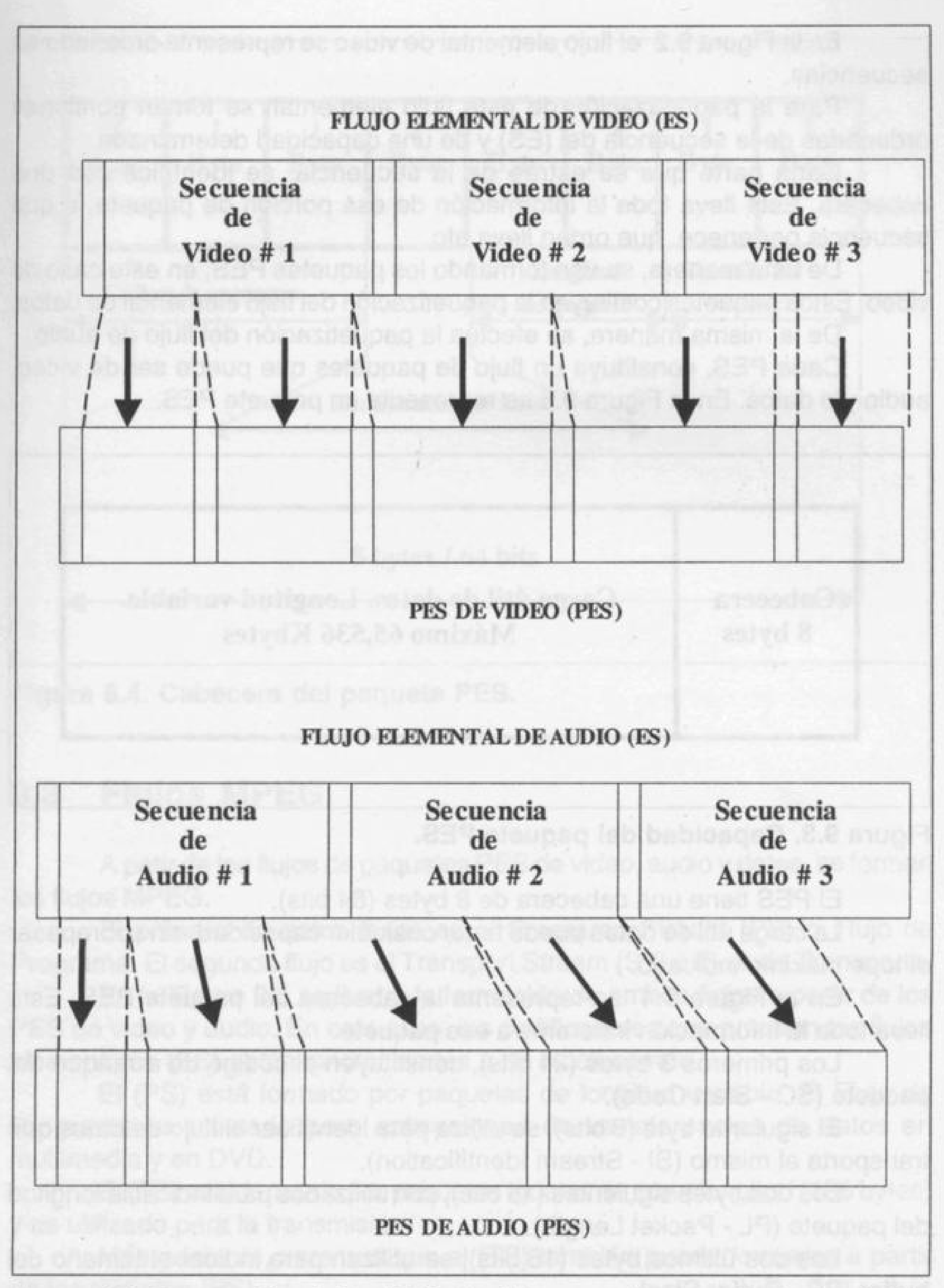


Figura 9.2. Formación de los PES de video y audio a partir de los (ES).

En la Figura 9.2 el flujo elemental de video se representa ordenado en secuencias.

Para la paquetización de este flujo elemental, se toman porciones ordenadas de la secuencia del (ES) y de una capacidad determinada.

Cada parte que se extrae de la secuencia se identifica con una cabecera. Esta lleva toda la información de esa porción de paquete, a que secuencia pertenece, que orden lleva etc.

De esta manera, se van formando los paquetes PES, en este caso de video. Estos paquetes costituyen la paquetización del flujo elemental de datos.

De la misma manera, se efectúa la paquetización del flujo de audio.

Cada PES, constituye un flujo de paquetes que puede ser de video, audio y/o datos. En la Figura 9.3 se representa un paquete PES.

Cabecera 8 bytes	**Carga útil de datos. Longitud variable. Máximo 65,536 Kbytes**

Figura 9.3. Capacidad del paquete PES.

El PES tiene una cabecera de 8 bytes (64 bits).

La carga útil de datos puede tener cualquier capacidad, sin sobrepasar el tope máximo indicado.

En la Figura 9.4 se representa la cabecera del paquete PES. Esta lleva toda la información inherente a ese paquete.

Los primeros 3 bytes (24 bits), constituyen el código de arranque del paquete (SC - Start Code).

El siguiente byte (8 bits), se utiliza para identificar el flujo de datos que transporta el mismo (SI - Stream Identification).

Los dos bytes siguientes (16 bits), son utilizados para indicar la longitud del paquete (PL - Packet Length).

Los dos últimos bytes (16 bits), se utilizan para indicar el tamaño del buffer (BS - Buffer Size).

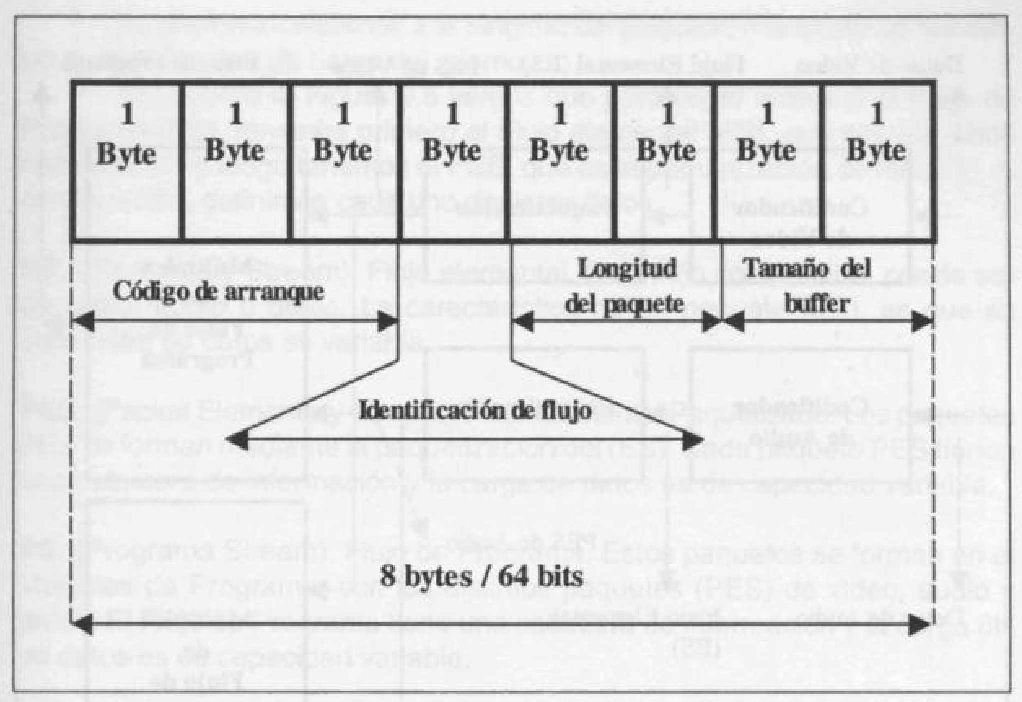


Figura 9.4. Cabecera del paquete PES.

9.3 Flujos MPEG.

A patir de los flujos de paquetes PES de video, audio y datos, se forman los flujos MPEG.

El primero de estos flujos es el Programa Stream (PS) o Flujo de Programa. El segundo flujo es el Transport Stream (ST) o Flujo de Transporte.

En la Figura 9.5 se ilustra la formación de ambos flujos a partir de los PES de video y audio. En este caso, los codificadores que proveen los flujos elementales (ES) están sincronizados a un clock común.

El (PS) está formado por paquetes de longitud variable. El Flujo de Programa es utilizado para aplicaciones de transferencias de datos en multimedia y en DVD.

El (TS) está formado por paquetes iguales de corta longitud (188 bytes) y es utilizado para la transmisión.

Más adelante, veremos que el (TS) también puede formarse a partir de los distintos (PS).

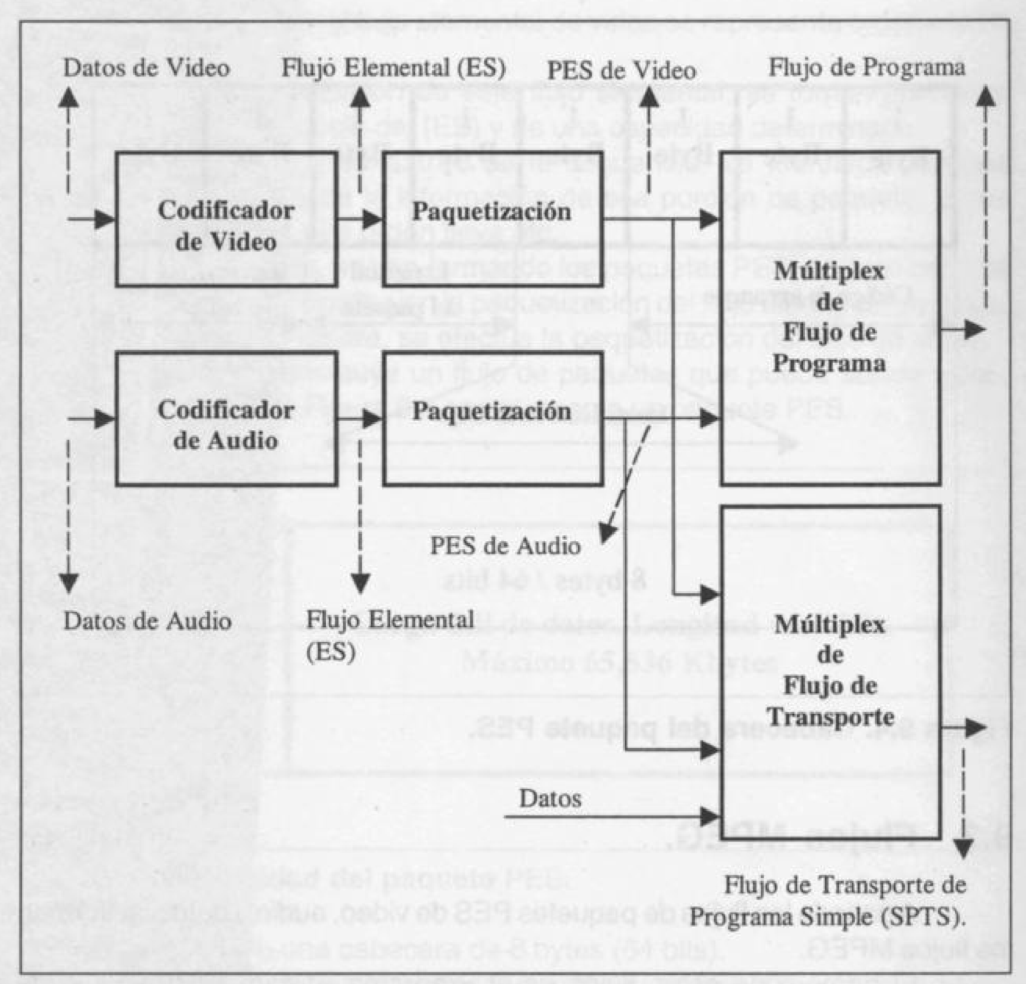


Figura 9.5. Formación de los flujos MPEG.
Reproducido con permiso de TEKTRONIX.

9.4 Flujo de Programa PS (Program Stream).

A partir del flujo de paquetes PES y mediante el multiplexado de los mismos, se forma el Flujo de Programa (PS), ver Figura 9.5.

Cada paquete del (PS), tiene una cabecera de información y una carga útil de datos, de capacidad variable.

Los paquetes del Flujo de Programa no son utilizados en transmisión. Esto es debido a su gran longitud y por ello no están exentos de errores.

Cuando nos referimos a la longitud del paquete, nos estamos refiriendo a la capacidad de datos del mismo.

Analizando la Figura 9.5 vemos que para llegar a formar el Flujo de Programa (PS), tenemos primero el Flujo elemental (ES), que son los datos comprimidos y luego tenemos el PES, que es la paquetización de los (ES). A continuación, definimos cada uno de estos flujos.

ES: (Elementary Stream). Flujo elemental. Este flujo comprimido, puede ser de video, audio o datos. La característica de un paquete (ES), es que su capacidad de datos es variable.

PES: (Packet Elementary Stream). Flujo Elemental Paquetizado. Los paquetes PES se forman mediante la paquetización del (ES). Cada paquete PES tienen una cabecera de información y la carga de datos es de capacidad variable.

PS: (Programa Stream). Flujo de Programa. Estos paquetes se forman en el Múltiplex de Programa, con los distintos paquetes (PES) de video, audio y datos. El Flujo de Programa tiene una cabecera de información y la carga útil de datos es de capacidad variable.

En la Figura 9.6 se analiza la formación de un Flujo de Programa, a partir de los paquetes PES de video, audio y datos.

El primer paquete que conforma el (PS) se extrae del PES de video. El segundo y tercer paquete del Flujo de Programa, se obtiene tomando dos paquetes completos de audio con su cabecera incluída. A continuación, se extraen un paquete completo del PES de video y un paquete del PES de datos, ambos para conformar el Flujo de Programa. De esta forma, se van extrayendo paquetes de video, audio y datos de cada PES, para ser insertados en el (PS). Cada paquete completo de video, audio o datos que se extrae de cada PES, lleva su cabecera incluída. Además, el Flujo de Programa lleva una cabecera, como se verá más adelante.

Este es solo un ejemplo. No hay un orden específico en la formación del Flujo de Programa. Este se va formando en forma aleatoria y ese orden está programado en el Múltiplex de Programa. En este tipo de Múltiplex se agrega también un flujo de control, que describe los distintos flujos individuales de video, audio y datos. Este flujo contiene la Program Map Table (PMT), Tabla de Mapa de Programas. Esta tabla, nos indica la información de todos los flujos elementales de cada uno de los programas. Cada flujo elemental lleva un PID (Packet Identification) y es utilizado para identificar los distintos flujos del tren de programa.

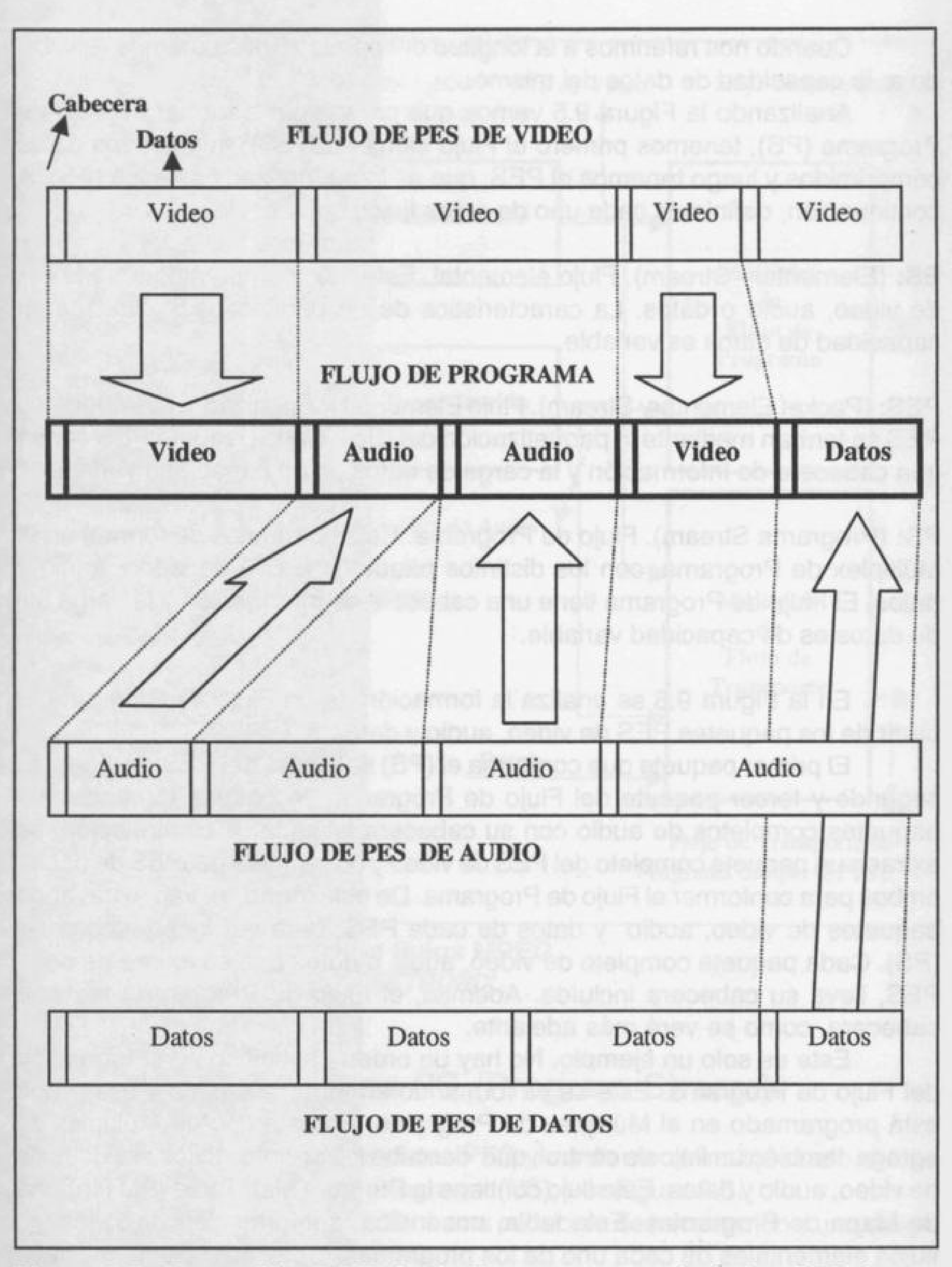


Figura 9.6. Formación del Flujo de Programa a partir de los PES de video, audio y datos.

Un (PS) puede transportar hasta 64 flujos entre video, audio y datos, compartiendo la misma base de tiempo.

En la Figura 9.7 se muestra un diagrama simple del Múltiplex de Programa. El PID que representa la identificación del paquete, está indicando que flujo tiene ese paquete PES.

La Program Map Table (PMT), que es la Tabla del Mapa de Programas, provee la identificación de los distintos flujos de programas a través de los PID's.

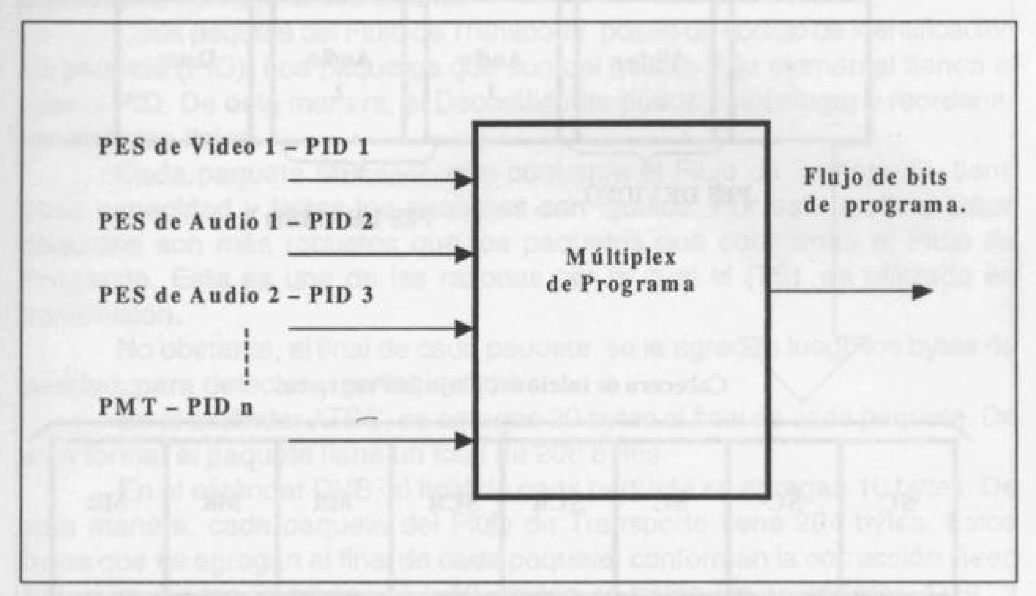


Figura 9.7. Múltiplex de Programa con el flujo de control PMT.

9.5 La cabecera del Flujo de Programa.

En la Figura 9.8 se muestra a manera de ejemplo un Flujo de Programa compuesto por un PES de video, un PES audio 1, un PES de audio 2 y un PES de datos.

En la Figura, podemos observar que el Flujo de Programa tiene una cabecera inicial que transporta tres funciones; código de arranque, referencia de clock del sistema y la relación de multiplexado.

El SCR (referencia de clock del sistema), asegura que todos los paquetes de video y audio del Flujo de Programa estén en tiempo.

Luego, cada PES tiene su cabecera de información individual.

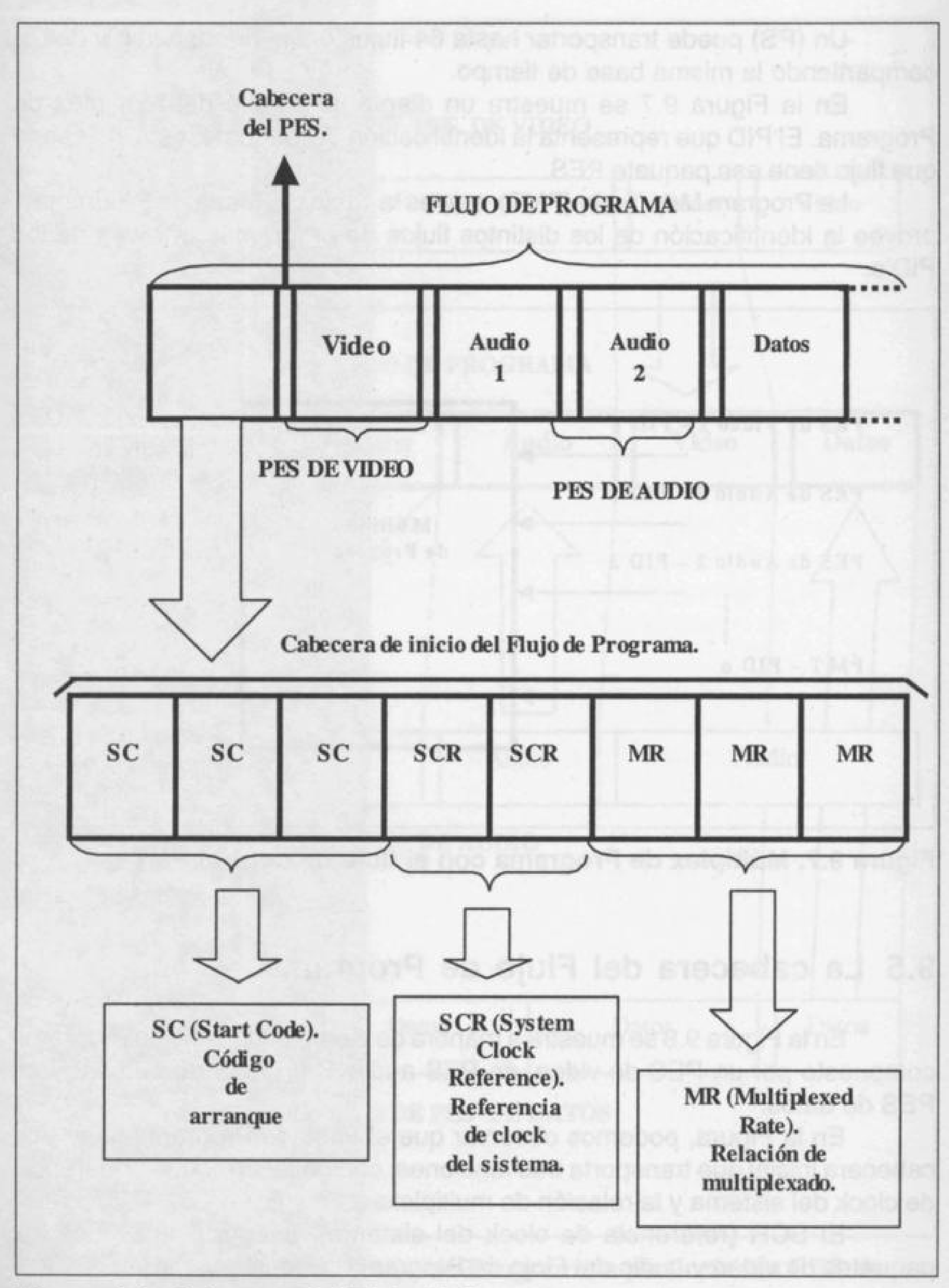


Figura 9.8. Cabecera del Flujo de Programa.

9.6 Flujo de Transporte TS (Transport Stream).

El Flujo de Transporte, está formado por paquetes MPEG-2 de 188 bytes de capacidad cada uno. Este flujo, como se había mencionado, se obtiene a través de la combinación de los distintos paquetes PES de video, audio y datos o de los distintos Flujos de Programa.

Un Flujo de Transporte puede transportar múltiples programas codificados con diferentes clocks.

Cada paquete del Flujo de Transporte posee un código de identificación de paquete *(PID). Los paquetes que son del mismo flujo elemental tienen el* mismo PID. De esta manera, el Decodificador puede seleccionar y reordenar los distintos flujos.

Cada paquete MPEG-2 que conforma el Flujo de Transporte, tiene poca capacidad y todos los paquetes son iguales. Por este motivo, estos paquetes son más robustos que los paquetes que conforman el Flujo de Programa. Esta es una de las razones por la cual el (TS) es utilizado en transmisión.

No obstante, al final de cada paquete se le agregan luego los bytes de paridad, para detectar y corregir errores.

En el estándar ATSC, se agregan 20 bytes al final de cada paquete. De esta forma, el paquete tiene un total de 208 bytes.

En el estándar DVB, al final de cada paquete se agregan 16 bytes. De esta manera, cada paquete del Flujo de Transporte tiene 204 bytes. Estos bytes que se agregan al final de cada paquete, conforman la corrección Reed Solomon. En los Capítulos 11 y 12, donde se tratan los estándares ATSC y DVB-T, se comprenderá mejor este concepto.

En el estándar MPEG-2, tenemos dos tipos de Flujos de Transporte a saber;

a) SPTS (Single Program Transport Streams). Flujo de Transporte de un Programa Simple.

b) MPTS (Multi Program Transport Streams). Flujo de Transporte de Múltiples Programas.

El SPTS contiene diferentes flujos de PES, pero estos corresponden a un programa simple. Este flujo contiene un video y diferentes audios.

El segundo tipo de Flujo de Transporte es el MPTS, que transporta dos o más flujos SPTS o de programas simples.

9.7 Formación del Flujo de Transporte a partir de los flujos de paquetes PES.

Una de las maneras de formar el Flujo de Transporte, es a través del multiplexado de los los distintos flujos de paquetes PES.

En la Figura 9.9 se muestra un diagrama para la obtención del (TS), a partir de los flujos de paquetes PES.

Aquí, se muestra la codificación de los distintos flujos que conforman cada programa (un video y tres audios).

A la salida de cada uno de los codificadores tenemos los PES respectivos. Los cuatro flujos de paquetes PES son combinados en un Múltiplex de Transporte.

A la salida de este Múltiplex tenemos formado el Flujo de Transporte.

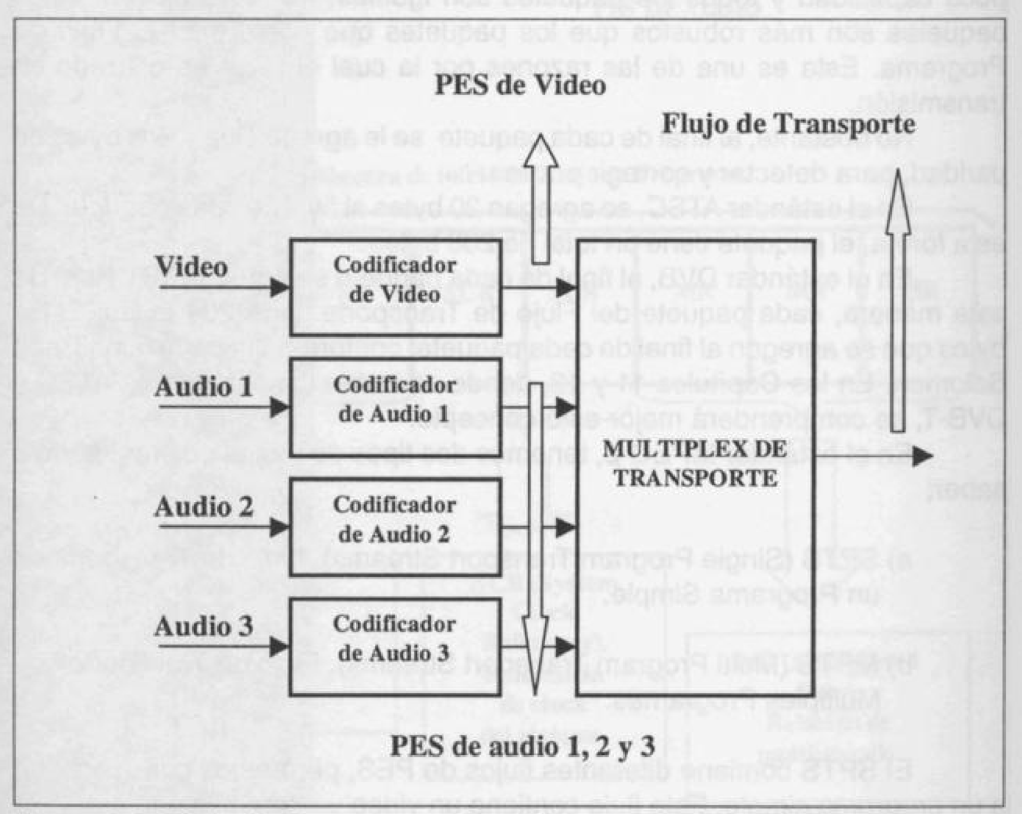


Figura 9.9. Flujo de Transporte obtenido a partir de los flujos de paquetes PES.

La formación del Flujo de Transporte, a partir de los flujos de paquetes PES, se ilustra en la Figura 9.10.

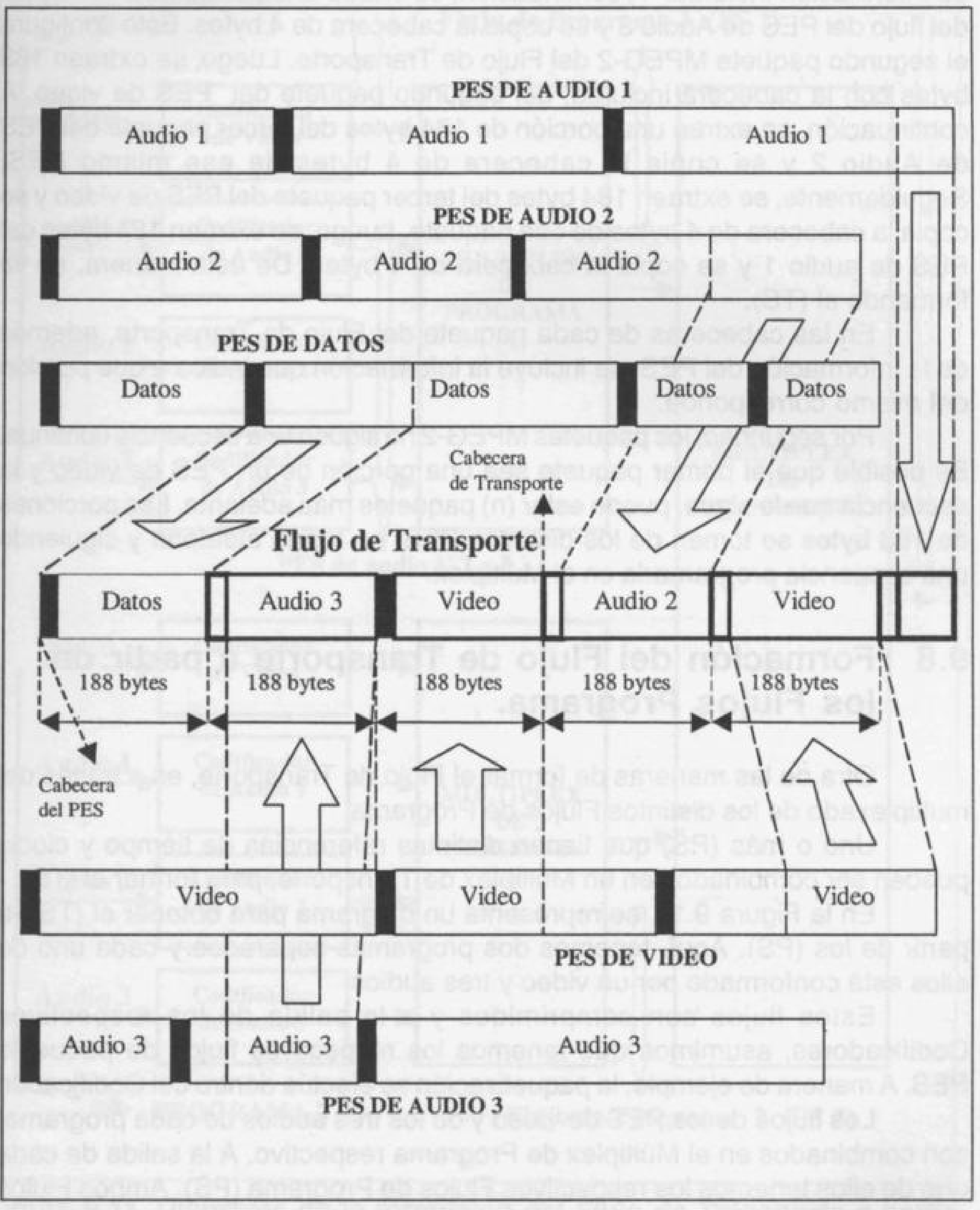


Figura 9.10. Formación del Flujo de Transporte a partir de los flujos de paquetes PES.

Para el ejemplo mostrado en la Figura 9.10, el Flujo de Transporte comienza con la extracción de 188 bytes del PES de datos, con su cabecera de información incluída. A continuación, se extrae una porción de 184 bytes del flujo del PES de Audio 3 y se copia la cabecera de 4 bytes. Esto configura el segundo paquete MPEG-2 del Flujo de Transporte. Luego, se extraen 188 bytes con la cabecera incluída, del segundo paquete del PES de video. A continuación, se extrae una porción de 184 bytes del tercer paquete del PES de Audio 2 y se copia la cabecera de 4 bytes de ese mismo PES. Seguidamente, se extraen 184 bytes del tercer paquete del PES de video y se copia la cabecera de 4 bytes de ese paquete. Luego, se extraen 184 bytes del PES de audio 1 y se copia la cabecera de 4 bytes. De esta manera, se va formando el (TS).

En las cabeceras de cada paquete del Flujo de Transporte, además de la información del PES, se incluye la información que indica a que porción del mismo corresponde.

Por seguridad, los paquetes MPEG-2 no siguen una secuencia contínua. Es posible que el primer paquete sea una porción de un PES de video y la secuencia que le sigue, puede estar (n) paquetes más adelante. Las porciones de 188 bytes se toman de los distintos PES, en forma aleatoria y siguiendo una secuencia programada en el Múltiplex.

9.8 Formación del Flujo de Transporte a partir de los Flujos Programa.

Otra de las maneras de formar el Flujo de Transporte, es a través del multiplexado de los distintos Flujos de Programa.

Uno o más (PS) que tienen distintas referencias de tiempo y clock, pueden ser combinados en un Múltiplex de Transporte, para formar el (TS).

En la Figura 9.11, se representa un diagrama para obtener el (TS), a partir de los (PS). Aquí, tenemos dos programas separados y cada uno de ellos está conformado por un video y tres audios.

Estos flujos son comprimidos y a la salida de los respectivos Codificadores, asumimos que tenemos los respectivos flujos de paquetes PES. A manera de ejemplo, la paquetización se efectúa dentro del Codificador.

Los flujos de los PES de video y de los tres audios de cada programa, son combinados en el Múltiplex de Programa respectivo. A la salida de cada uno de ellos tenemos los respectivos Flujos de Programa (PS). Ambos Flujos (PS 1 y PS 2) son combinados en un Múltiplex de Transporte, para así formar el Flujo de Transporte (TS).

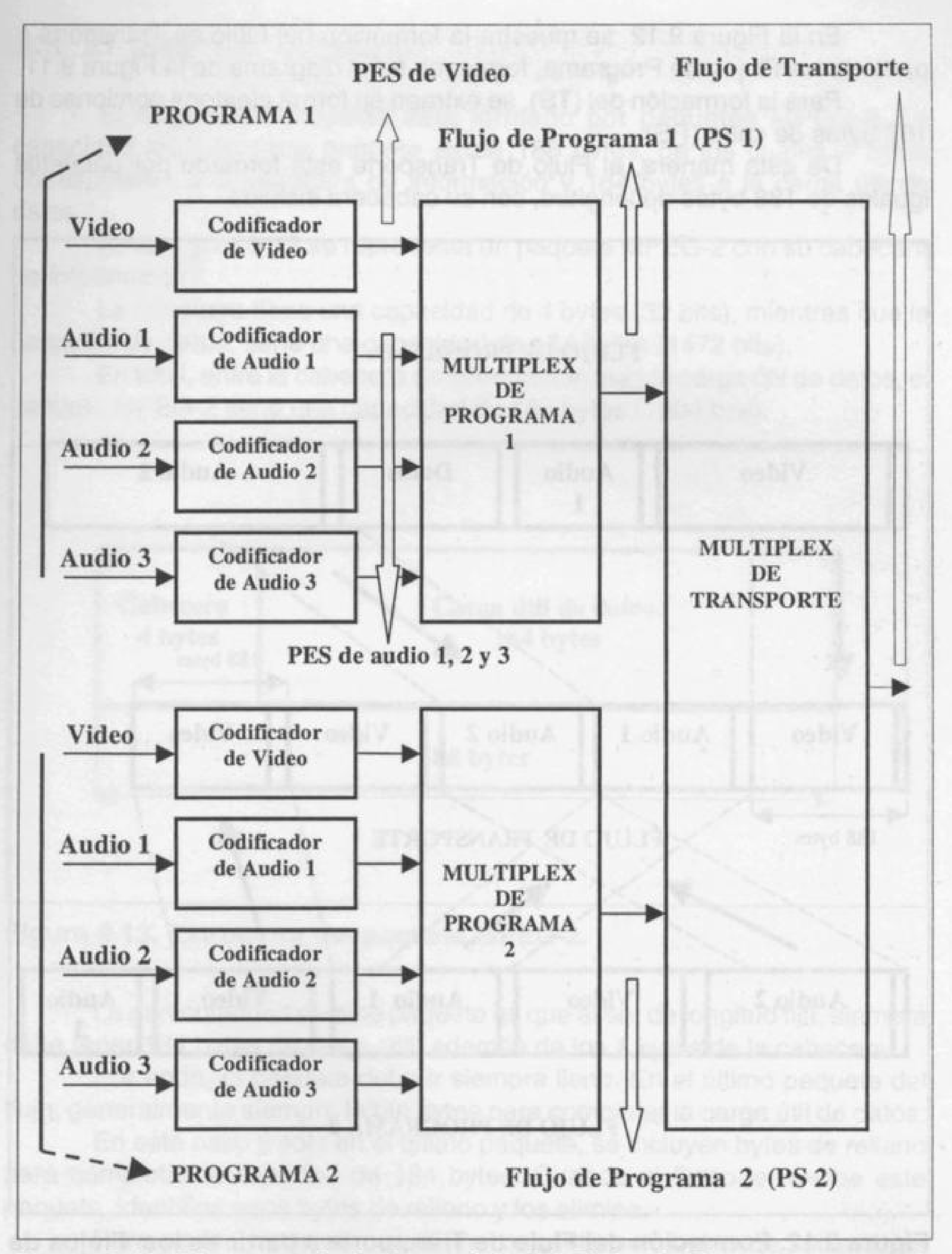


Figura 9.11. Diagrama de la formación del Flujo de Transporte a partir de los Flujos de Programa.

En la Figura 9.12 se muestra la formación del Flujo de Transporte a partir de los Flujos de Programa, formados en el diagrama de la Figura 9.11.

Para la formación del (TS), se extraen en forma aleatoria porciones de 188 bytes de cada (PS).

De esta manera, el Flujo de Transporte está formado por paquetes iguales de 188 bytes de longitud, con su cabecera incluida.

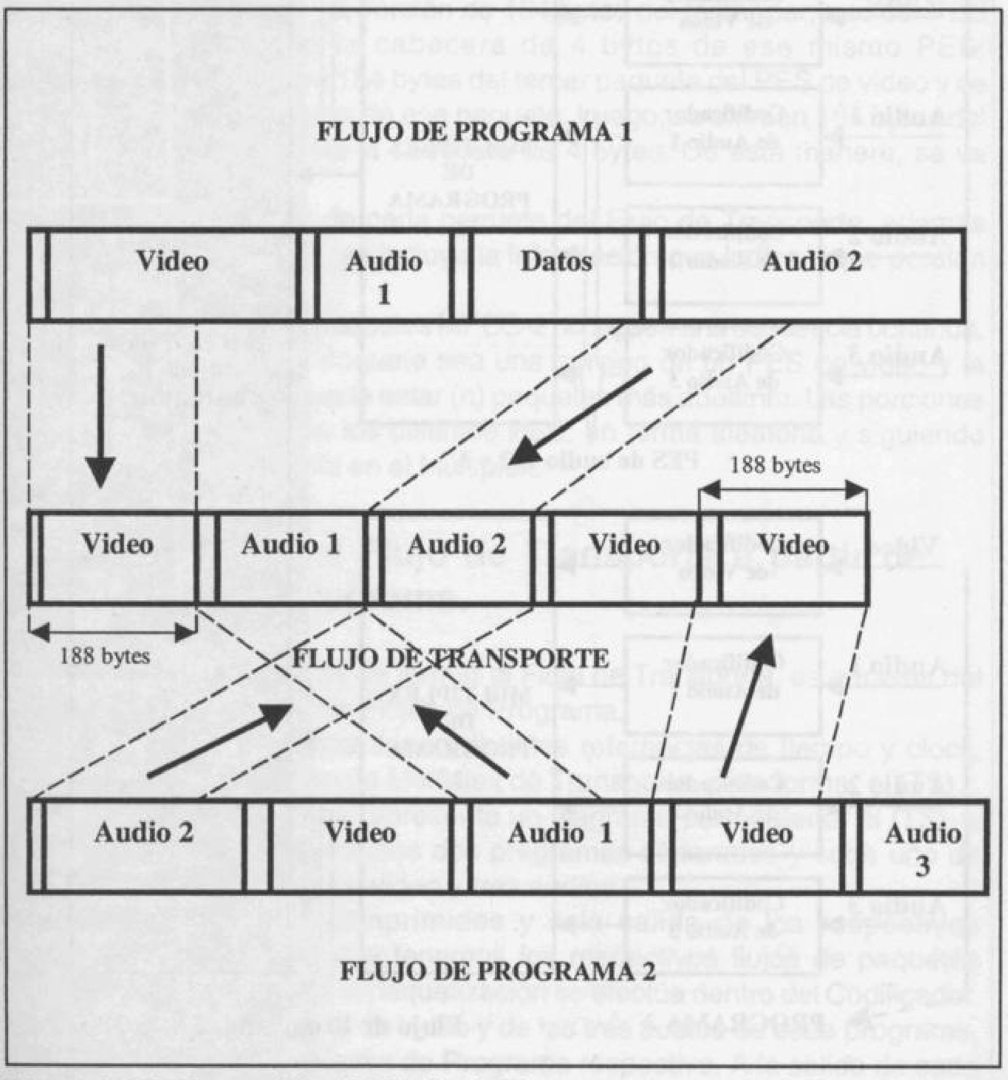


Figura 9.12. Formación del Flujo de Transporte a partir de los Flujos de Programa.

9.9 El paquete MPEG-2.

El Flujo de Transporte está formado por paquetes MPEG-2. La capacidad total de cada paquete es de 188 bytes, de los cuales 4 bytes corresponden a la cabecera de información y 184 bytes a la carga útil de datos.

En la Figura 9.13 se representa un paquete MPEG-2 con su cabecera de información.

La cabecera tiene una capacidad de 4 bytes (32 bits), mientras que la carga útil de datos, tiene una capacidad de 184 bytes (1472 bits).

En total, entre la cabecera de información más la carga útil de datos, el paquete MPEG-2 tiene una capacidad de 188 bytes (1504 bits).

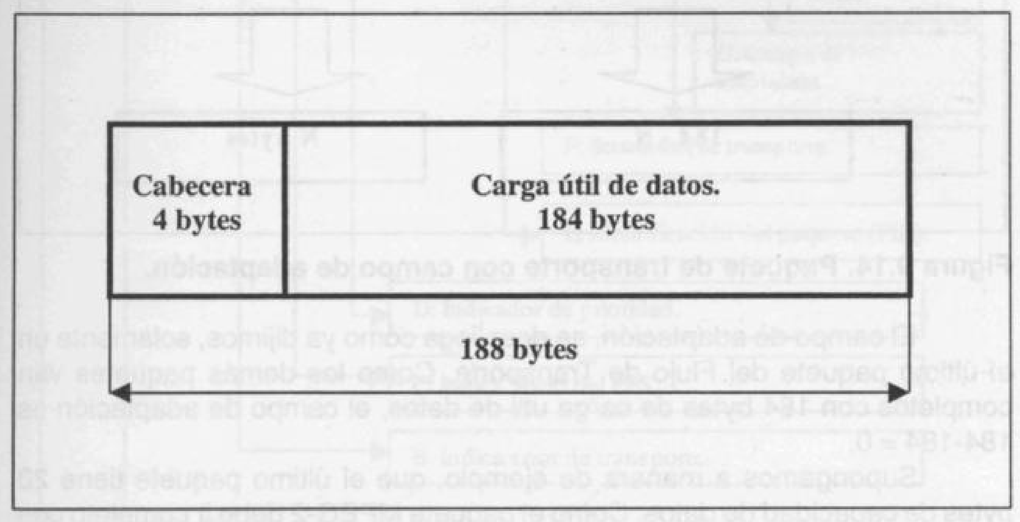


Figura 9.13. Estructura del paquete MPEG-2.

La particularidad de este paquete es que al ser de longitud fija, siempre debe tener 184 bytes de carga útil, además de los 4 bytes de la cabecera.

Por ende, el paquete debe ir siempre lleno. En el último paquete del flujo, generalmente siempre faltan bytes para completar la carga útil de datos.

En este caso y solo en el último paquete, se incluyen bytes de relleno para completar la cantidad de 184 bytes. Cuando el Decoder recibe este paquete, identifica esos bytes de relleno y los elimina.

Para poder completar el último paquete con bytes de relleno, se despliega un campo de adaptación, donde se estima la cantidad de bytes faltantes a incluir.

En la Figura 9.14 se muestra un paquete MPEG-2, con su campo de adaptación.

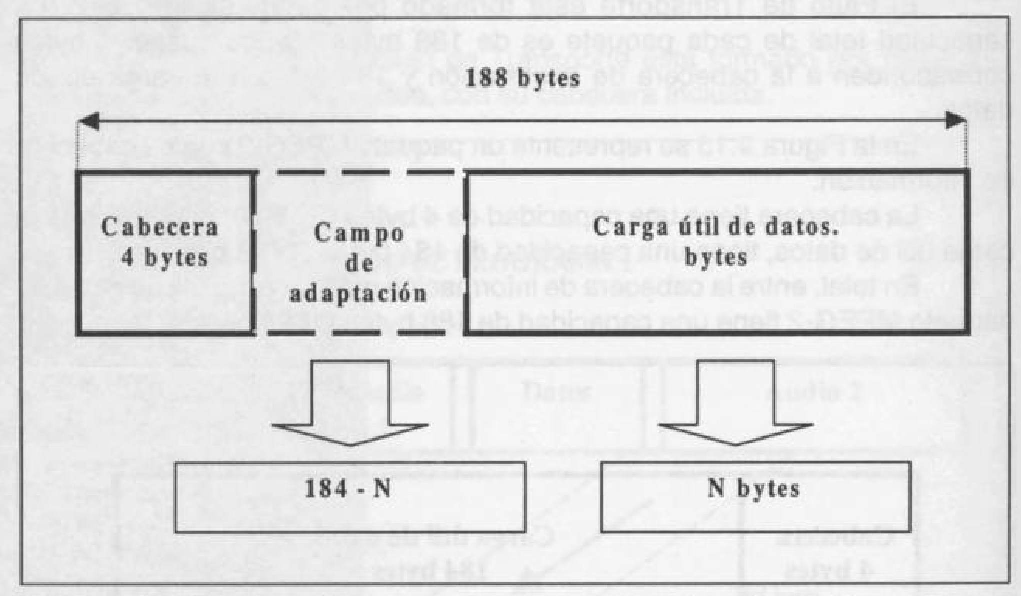


Figura 9.14. Paquete de transporte con campo de adaptación.

El campo de adaptación, se despliega como ya dijimos, solamente en el último paquete del Flujo de Transporte. Como los demás paquetes van completos con 184 bytes de carga util de datos, el campo de adaptación es 184-184 = 0.

Supongamos a manera de ejemplo, que el último paquete tiene 20 bytes de capacidad de datos. Como el paquete MPEG-2 debe ir completo con 184 bytes, estarían faltando 164 bytes. El campo de adaptación calcula 184 - 20 = 164 y agrega esa cantidad de bytes de relleno. Estos bytes no tienen información alguna.

9.10 La cabecera del paquete MPEG-2.

La cabecera del paquete MPEG-2 tiene 4 bytes de capacidad. A 8 bits por byte, la cabecera transporta 32 bits. El primero de los 4 bytes es de sincronización y los tres bytes restantes de información. En la Figura 9.15, se representa la cabecera de este paquete y los bytes de sincronización e información correspondientes.

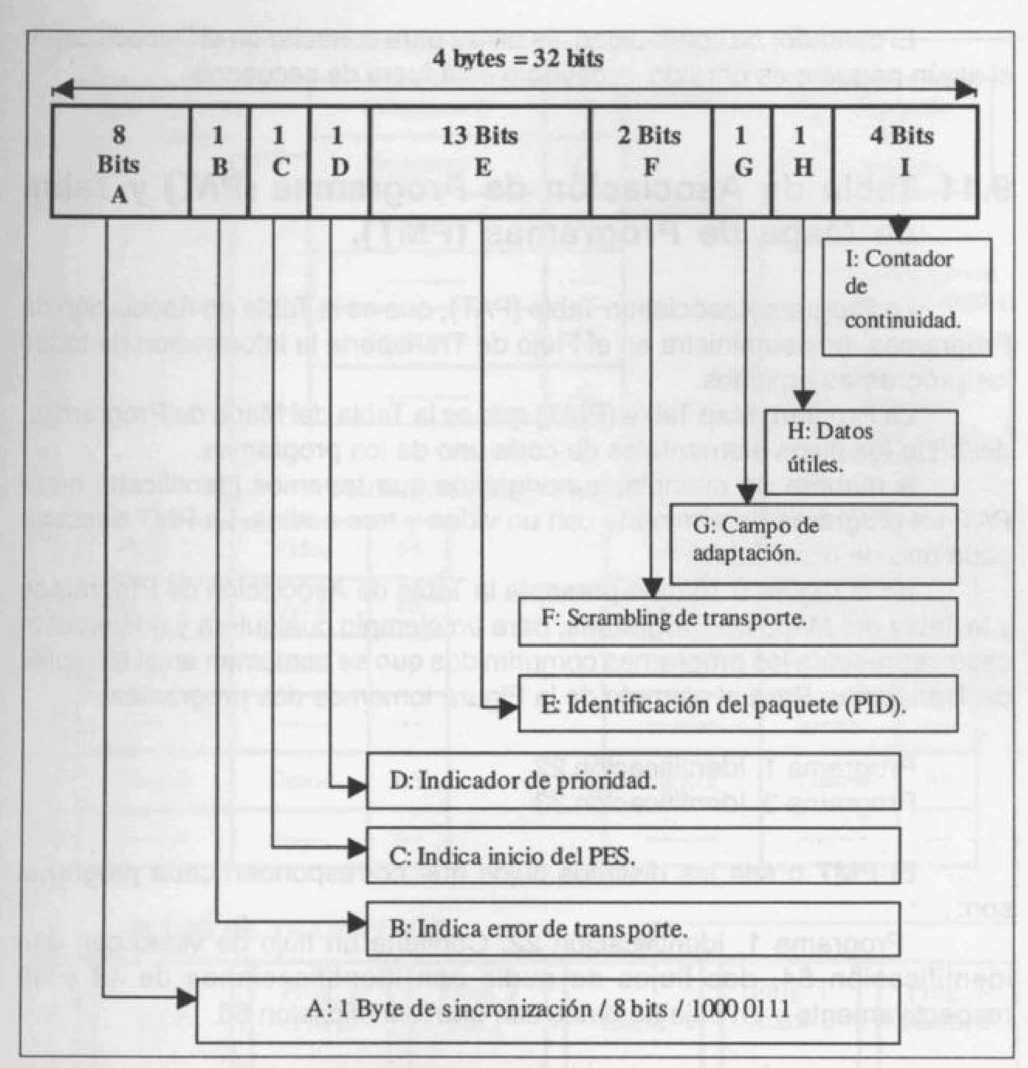


Figura 9.15. Cabecera del paquete MPEG-2.

Algunas de las funciones más importantes de la cabera, se indican a continuación:

El primer byte que es el de sincronización, permite al Decodificador deserializar la carga útil de datos que transporta el paquete.

El indicador de error de transporte, nos indica si el paquete al ser decodificado, contiene algún error.

El scrambling de transporte, nos indica si el paquete está encriptado o sin encriptar.

El contador de continuidad, se utiliza para controlar en el Decodificador si algún paquete es perdido, repetido o está fuera de secuencia.

9.11 Tabla de Asociación de Programas (PAT) y Tabla de Mapa de Programas (PMT).

La Program Association Table (PAT), que es la Tabla de Asociación de Programas, nos suministra en el Flujo de Transporte la información de todos los programas emitidos.

La Program Map Table (PMT) que es la Tabla del Mapa de Programas, describe los flujos elementales de cada uno de los programas.

A manera de ejemplo, supongamos que tenemos identificado en la PAT, un programa determinado con un video y tres audios. La PMT describe cada uno de esos flujos.

En la Figura 9.16 se representa la Tabla de Asociación de Programas y la Tabla del Mapa de Programas, para un ejemplo cualquiera y que en este caso representa los programas comprimidos que se combinan en el Múltiplex de Transporte. Para el ejemplo de la Figura tomemos dos programas;

Programa 1. Identificación 22
Programa 3. Identificación 33

El PMT o sea los distintos flujos que corresponden cada programa son:

Programa 1. Identificación 22. Contiene un flujo de video con una identificación 54, dos flujos de audio con identificaciones de 48 y 49 respectivamente y un flujo de datos con una identificación 66.

Programa 3. Identificación 33. Contiene un flujo de video con una identificación 19, dos flujos de audio con identificaciones 81 y 82 respectivamente y un flujo de datos con una identificación 88.

Los Programas pueden ir abiertos o sea sin encriptar. Los programas que están sujetos a Acceso Condicional van encriptados para la modalidad Pay Per View (pagar para ver).

Esta información también forma parte del Flujo de Transporte y se encuentra en un paquete denominado EEM, que es controlado por la tabla de Acceso Condicional.

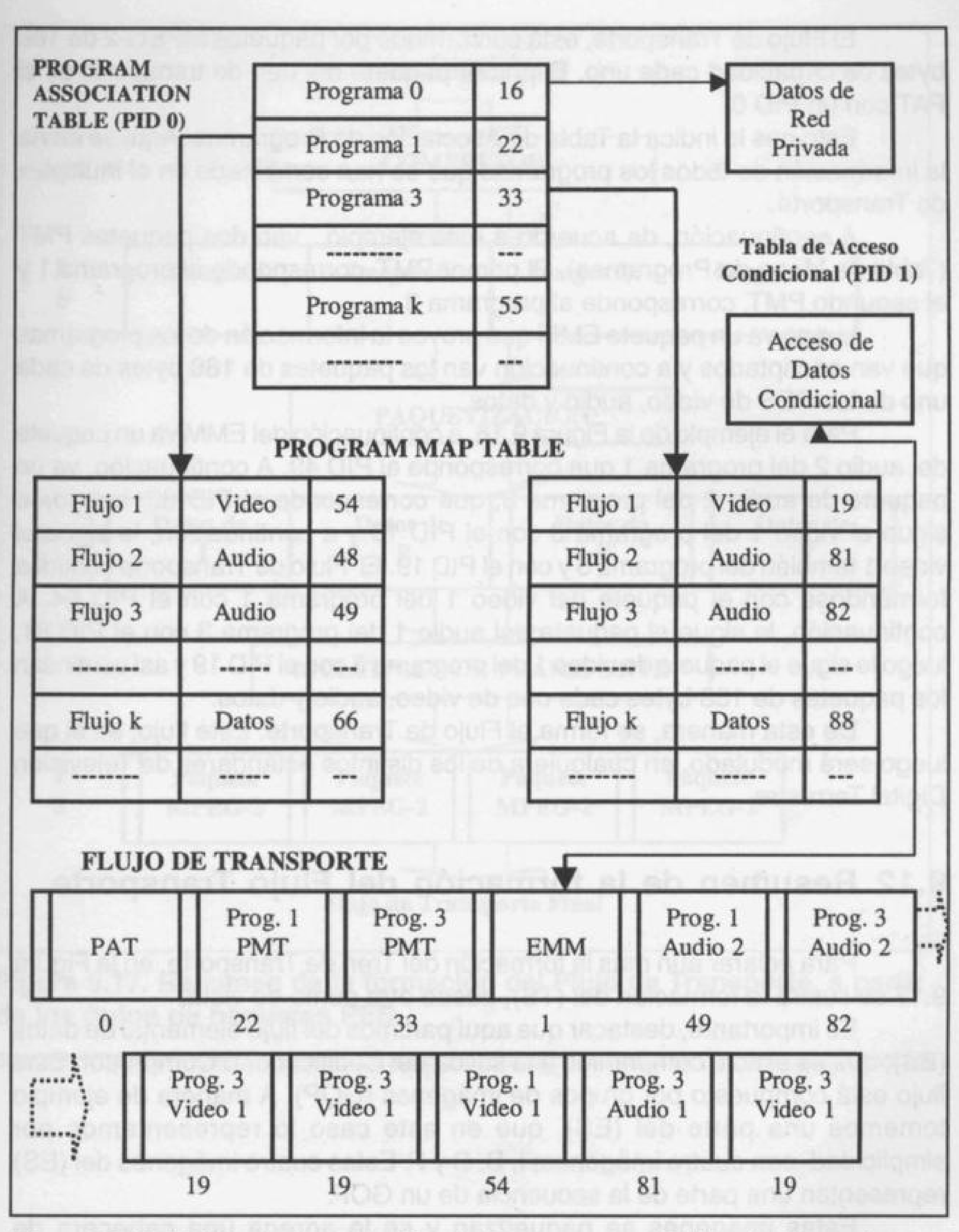


Figura 9.16. Tabla de Asociación de Programas y Tabla de Mapa de Programas.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

El Flujo de Transporte, está conformado por paquetes MPEG-2 de 188 bytes de capacidad cada uno. El primer paquete del tren de transporte es el PAT con un PID 0.

Esto nos lo indica la Tabla de Asociación de Programas. Aquí se envía la información de todos los programas que se han combinado en el Múltiplex de Transporte.

A continuación, de acuerdo a este ejemplo, van dos paquetes PMT (Tabla de Mapa de Programas). El primer PMT, corresponde al programa 1 y el segundo PMT, corresponde al programa 3.

Luego va un paquete EMM que provee la información de los programas que van encriptados y a continuación van los paquetes de 188 bytes de cada uno de los PES de video, audio y datos.

Para el ejemplo de la Figura 9.16, a continuación del EMM va un paquete del audio 2 del programa 1 que corresponde al PID 49. A continuación, va un paquete de audio 2 del programa 3, que corresponde al PID 82. Luego, le sigue el video 1 del programa 3 con el PID 19 y a continuación, le sigue el video 1 también del programa 3 y con el PID 19. El Flujo de Transporte continúa formándose con el paquete del video 1 del programa 1 con el PID 54. A continuación, le sigue el paquete del audio 1 del programa 3 con el PID 81, luego le sigue el paquete de video 1 del programa 3 con el PID 19 y así continúan los paquetes de 188 bytes cada uno de video, audio y datos.

De esta manera, se forma el Flujo de Transporte. Este flujo, es el que luego será modulado, en cualquiera de los distintos estándares de Televisión Digital Terrestre.

9.12 Resumen de la formación del Flujo Transporte.

Para aclarar aún más la formación del Tren de Transporte, en la Figura 9.17 se ilustra la formación del (TS), desde otro punto de vista.

Es importante, destacar que aquí partimos del flujo elemental de datos (ES), que es el flujo comprimido a la salida del Codificador ó Compresor. Este flujo está compuesto por grupos de imágenes (GOP). A manera de ejemplo tomemos una parte del (ES), que en este caso lo representamos por simplicidad con cuatro imágenes; I, B, B y P. Estas cuatro imágenes del (ES) representan una parte de la secuencia de un GOP.

Estas imágenes se paquetizan y se le agrega una cabecera de información, obteniendose de esta forma el PES. Luego, para obtener el (TS), se extraen porciones en forma aleatoria de 188 bytes de cada uno de los PES, con su cabecera de información incluída.

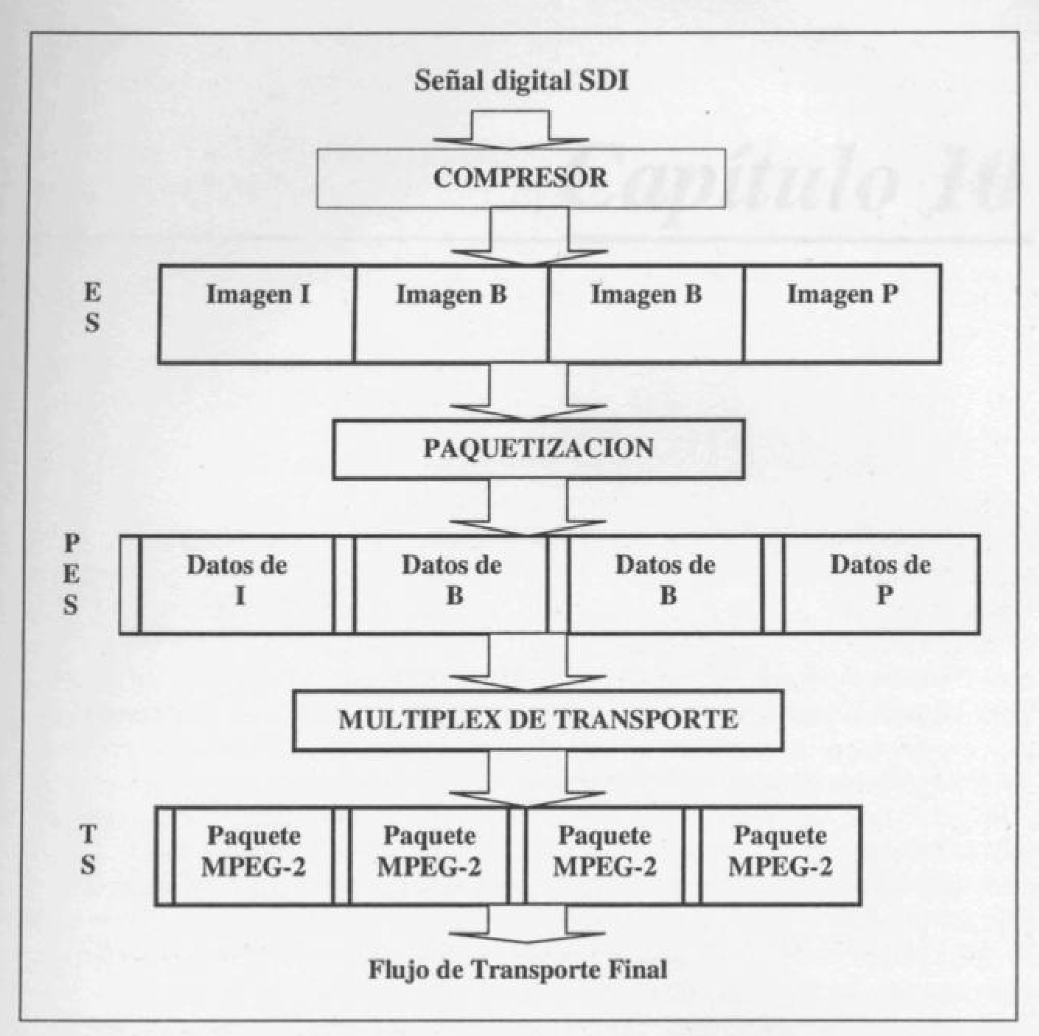


Figura 9.17. Resumen de la formación del Flujo de Transporte, a partir de los flujos de paquetes PES.

Capítulo 10

La Relación de Aspecto en Televisión

10

LA RELACION DE ASPECTO EN TELEVISION

10.1 Introducción.

La relación de aspecto en televisión, es simplemente la relación que existe entre la base y la altura de la imagen. En el Capítulo 7, hemos visto algunos conceptos sobre este tema.

La televisión tradicional, con una relación de aspecto de 4:3, tiene un formato cuasi cuadrado.

Cuando comenzó en Japón el estudio de la televisión de Alta Definición, se adoptó la relación de aspecto de 5:3. Esta nueva relación era más rectangular que la tradicional 4:3. Posteriormente, e inspirándose en el cine de pantalla ancha, la Televisión de Alta Definición adoptó la relación 16:9. Si bien esta, es un poco menor que la del cine de pantalla ancha, los estudios realizados comprobaron que con este tipo de relación de pantalla, se logra una imagen más envolvente.

10.2 Señales SDI en 4:3 y 16:9.

La señal SDI, que tiene una relación de aspecto de su imagen de 4:3, es una señal cuyo flujo de datos tiene una velocidad binaria de 270 Mbps. Esta señal para su digitalización, ha sido muestreada con una estructura 4:2:2 a 10 bits por muestra de resolución.

En esta estructura, como se había visto en el Capítulo 2, el muestreo se realiza a razón de 720 muestras de luminancia (Y) por línea activa y 360

muestras por línea activa, para cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr. Esto significa que la señal de luminancia es muestreada a 13,5 MHz y cada una de las señalès diferencia de color a 6,75 MHz.

A continuación, analizaremos una señal digital de 4:2:2/10 bits con una relación de aspecto de 16:9 y una velocidad del flujo de datos de 360 Mbps. En este caso, se incrementa el número de muestras por línea activa, de acuerdo a la relación 4:3.

Luminancia: 4/3 x 720 = 960 muestras de Y.
Señal diferencia al azul: 4/3 x 360 = 480 muestras de Cb.
Señal diferencia al rojo: 4/3 x 360 = 480 muestras de Cr.

Las frecuencias de muestreo, también se incrementan en la misma relación;

Frecuencia de muestreo de Y: 4/3 x 13,5 MHz = 18 MHz
Frecuencia de muestreo de Cb: 4/3 x 6,75 = 9 MHz
Frecuencia de muestreo de Cr: 4/3 x 6,75 = 9 MHz

En la Tabla 1 se resumen estos parámetros, para una señal SDI de 270 Mbps en 4:3 y 16:9 y una señal de 360 Mbps en 16:9.

Parámetros	**4: 3 / 16: 9 270 Mbps**	**16: 9 360 Mbps**
Muestras de luminancia (Y) por línea activa:	720	960
Muestras de señal diferencia al rojo (Cr), por línea activa.	360	480
Muestras de señal diferencia al azul (Cb), por línea activa.	360	480
Frecuencia de muestreo de luminancia (Y).	13,5 MHz	18 MHz
Frecuencia de muestreo de la señal diferencia al rojo (Cr).	6,75 MHz	9 MHz
Frecuencia de muestreo de la señal diferencia al azul (Cb).	6,75 MHz	9 MHz

Tabla 1. Parámetros principales de las señales SDI en 4:3 y 16:9.

10.3 Conversión de relación de aspecto.

La conversión de relación de aspecto, es muy importante hoy día y se está utilizando cada vez con más frecuencia. Veamos un ejemplo; una estación que emite su programación en HDTV (16:9) y necesita intercalar noticias, documentales o programas de SDTV (4:3). En ese caso, es necesario realizar dos procesos; primero realizar una Conversión Ascendente (Up Convertion), para convertir el tren digital SDTV de 270 Mbps al de HDTV de 1,48 Gbps y luego, cambiar la relación de aspecto de 4:3 a 16:9. Este ejemplo combina dos procesos; Conversión Ascendente junto a la conversión de relación de aspecto. También, puede producirse el caso inverso, es decir convertir una señal de HDTV a SDTV y convertir la relación de aspecto de 16:9 a 4:3. El proceso de conversión de la señal de Alta Definición a SDTV, se denomina Conversión Descendente (Down Convertion).

También, puede ser necesario convertir solo la relación de aspecto de 4:3 a 16:9 o viceversa. En cualquiera de las dos vías, esta conversión no es perfecta y se debe seleccionar la que más convenga en cada caso.

En este Capítulo, veremos las conversiones de relación de aspecto más comúnes de 4:3 a 16:9 y viceversa.

En la Tabla 2 se muestran algunas conversiones de relación de aspecto, incluyendo el formato 14:9.

Formato de la imagen.	Relación de Aspecto de la pantalla.	Relación de Aspecto de la imagen.	% vertical ocupado por la imagen en la pantalla.
Normal	4: 3	4: 3	100
Pantalla ancha	16: 9	16: 9	100
Letterbox B	4: 3	14: 9	85,7
Letterbox A	4: 3	16: 9	75
Anamórfico	4: 3	16: 9	100

Tabla 2. Distintas relaciones de aspecto de pantalla, con diferentes relaciones de aspecto de imagen, para los distintos formatos.
Reproducida con la autorización de Snell & Wilcox.

De la Tabla vemos que en la conversión de 14:9 a 4:3 (Letter box B), la imagen ocupa un 85,7 % de la pantalla en sentido vertical. En la conversión de 16:9 a 4:3 (Letter box A) la imagen ocupa el 75 % de la pantalla, también en sentido vertical. Más adelante, analizaremos estos casos con más detalle.

En la Figura 10.1 se muestran las conversiones de relacion de aspecto más comúnes utilizadas hoy día. Las dos vías posibles de conversión son de 4:3 a 16:9 y viceversa.

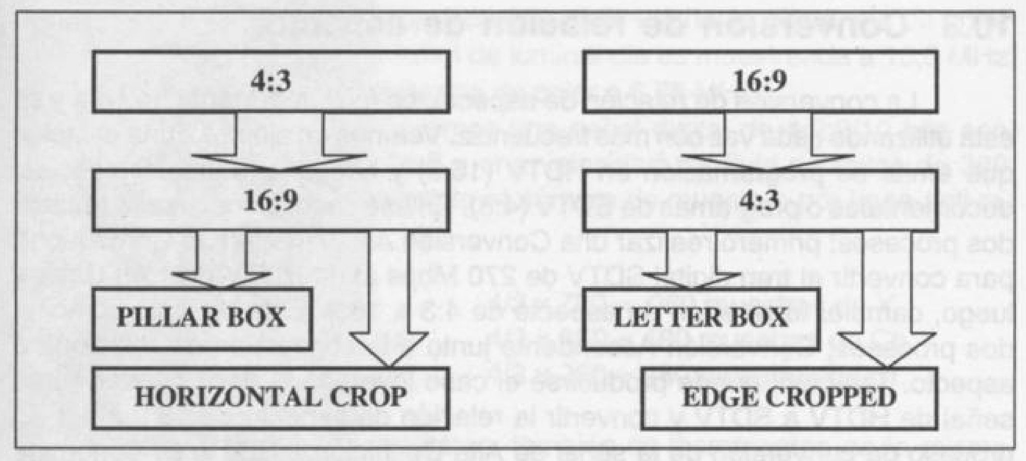


Figura 10:1. Conversiones de relacion de aspecto más comunes de 4:3 a 16:9 y viceversa.

Los distintos tipos de conversiones de 16:9 y 14:9 a 4:3, mostrados en la Tabla 2, se representan a manera de resumen en la Figura 10.2. En esta tenemos;

a) Pantalla normal 4:3.
b) Pantalla ancha 16:9.
c) Formato anamórfico.
d) Letter box B. 14:9.
e) Letter box A. 16:9.

El Formato anamórfico no es utilizado. Para realizar esta conversión, se comprime la imagen de 16:9 hasta que entre en la pantalla de 4:3. Si bien aquí no tenemos pérdida de imagen, esta sufre una compresión o achatamiento en sentido horizontal, produciendo una deformación de la misma.

El formato Letter box B se refieren a la conversión de 14:9 a 4:3. En este caso, tenemos dos barras negras, una arriba y otra abajo de la imagen. Cada barra representa un 7,5% de la imagen.

El Formato Letter box A se refiere a la conversión de 16:9 a 4:3. Aquí, también tenemos dos barras negras, una arriba y otra abajo de la imagen. Cada una de ellas representa un 12,5% de la imagen. Esto significa que cada barra negra tiene 71 líneas activas de barrido, de un total de 575. Lo importante es que con esta conversión no se pierde imagen, sino que la misma es reducida en proporción, a fin de que entre en ancho en la pantalla de 4:3. La imagen se reduce de 575 líneas activas a 433 líneas, también activas.

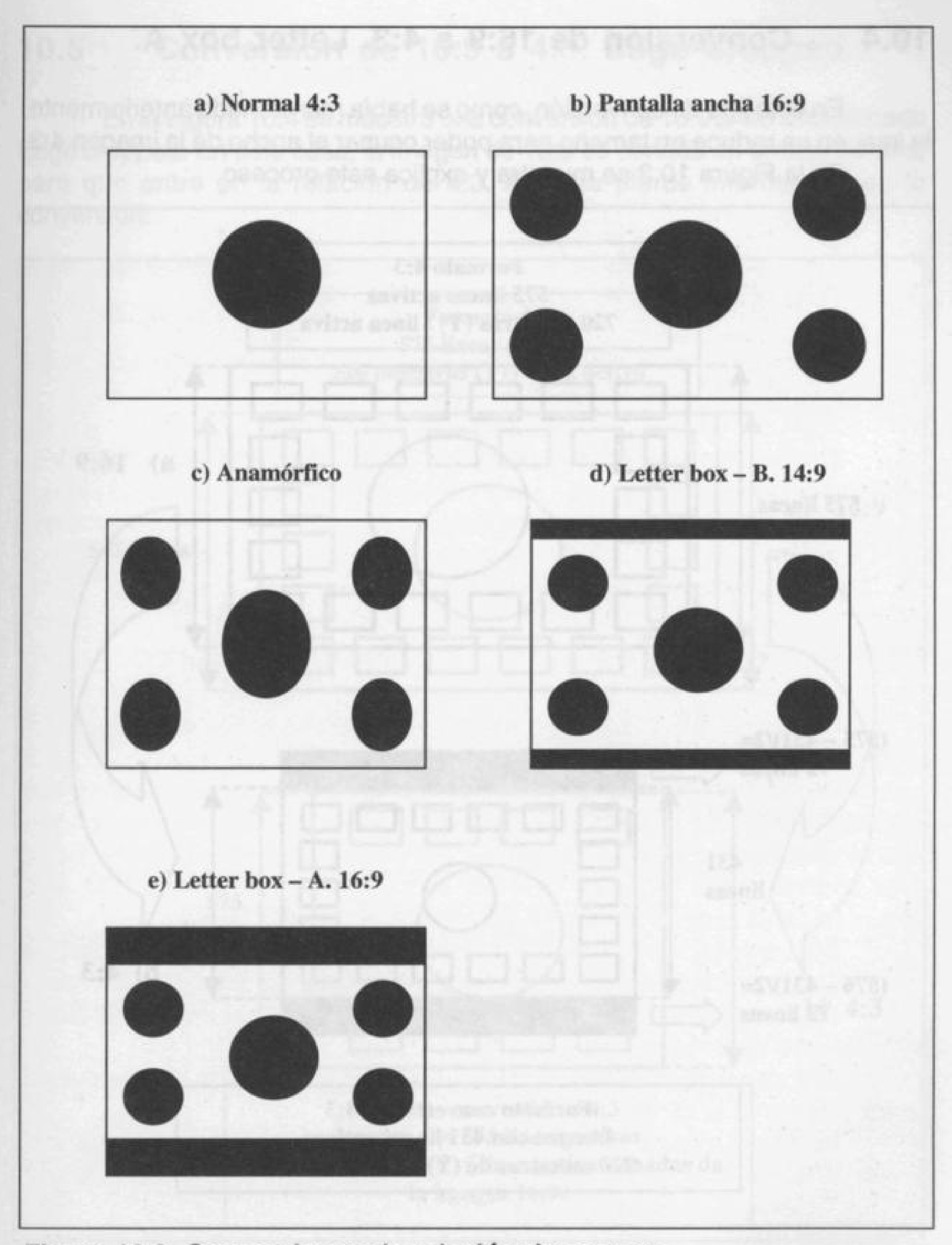


Figura 10.2. Conversiones de relación de aspecto.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

10.4 Conversión de 16:9 a 4:3. Letter box A.

En este tipo de conversión, como se había mencionado anteriormente, la imagen se reduce en tamaño para poder ocupar el ancho de la imagen 4:3. En la Figura 10.3 se muestra y explica este proceso.

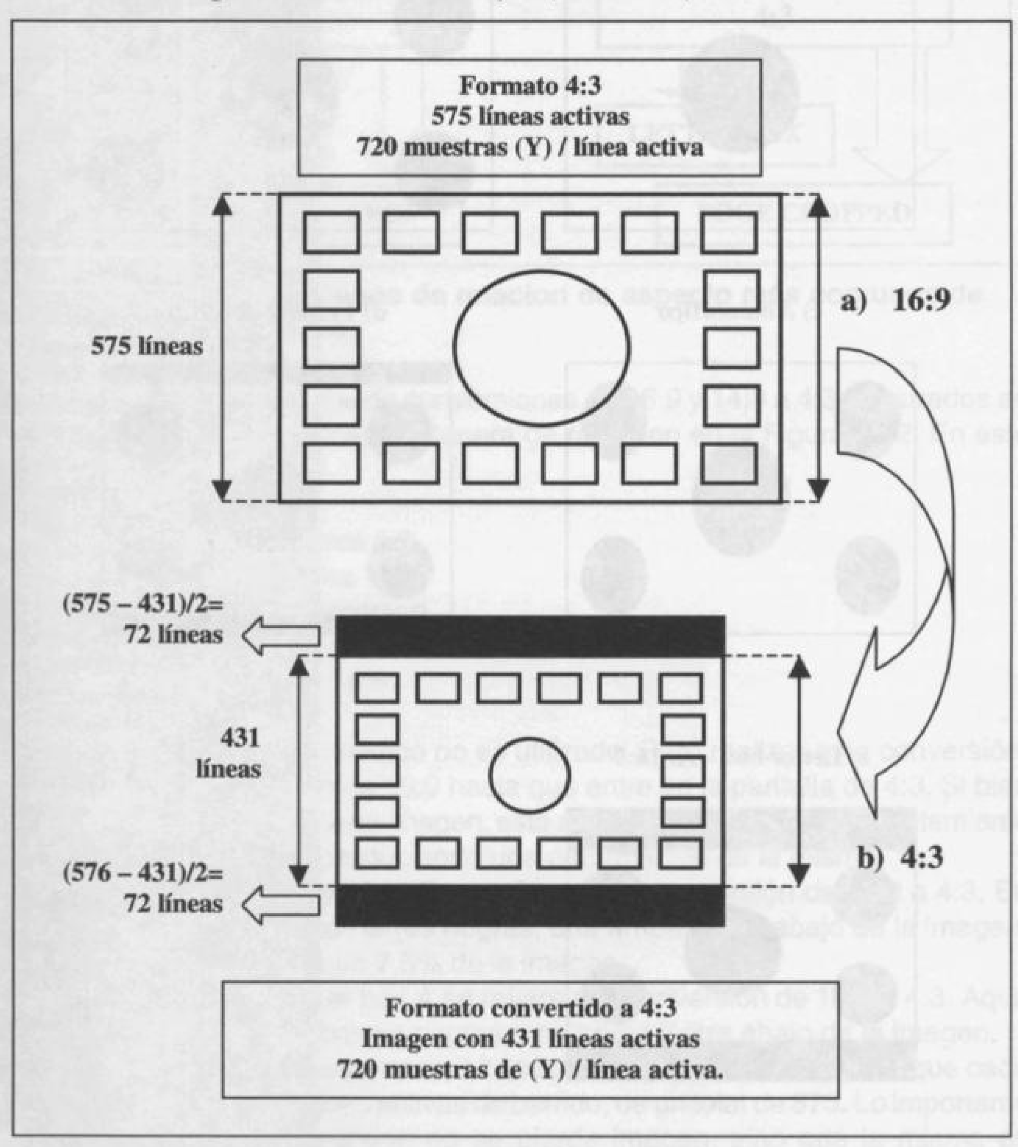


Figura 10.3. Conversión de relación de aspecto de 16:9 a 4:3 (Letter box A).

10.5 Conversión de 16:9 a 4:3. Edge Cropped.

En la Figura 10.4 se muestra una conversión de 16:9 a 4:3 denominada Edge cropped. En este caso, la imagen de 16:9 es cortada en ambos bordes, para que entre en la relación de 4:3. Aquí se pierde información en la conversión.

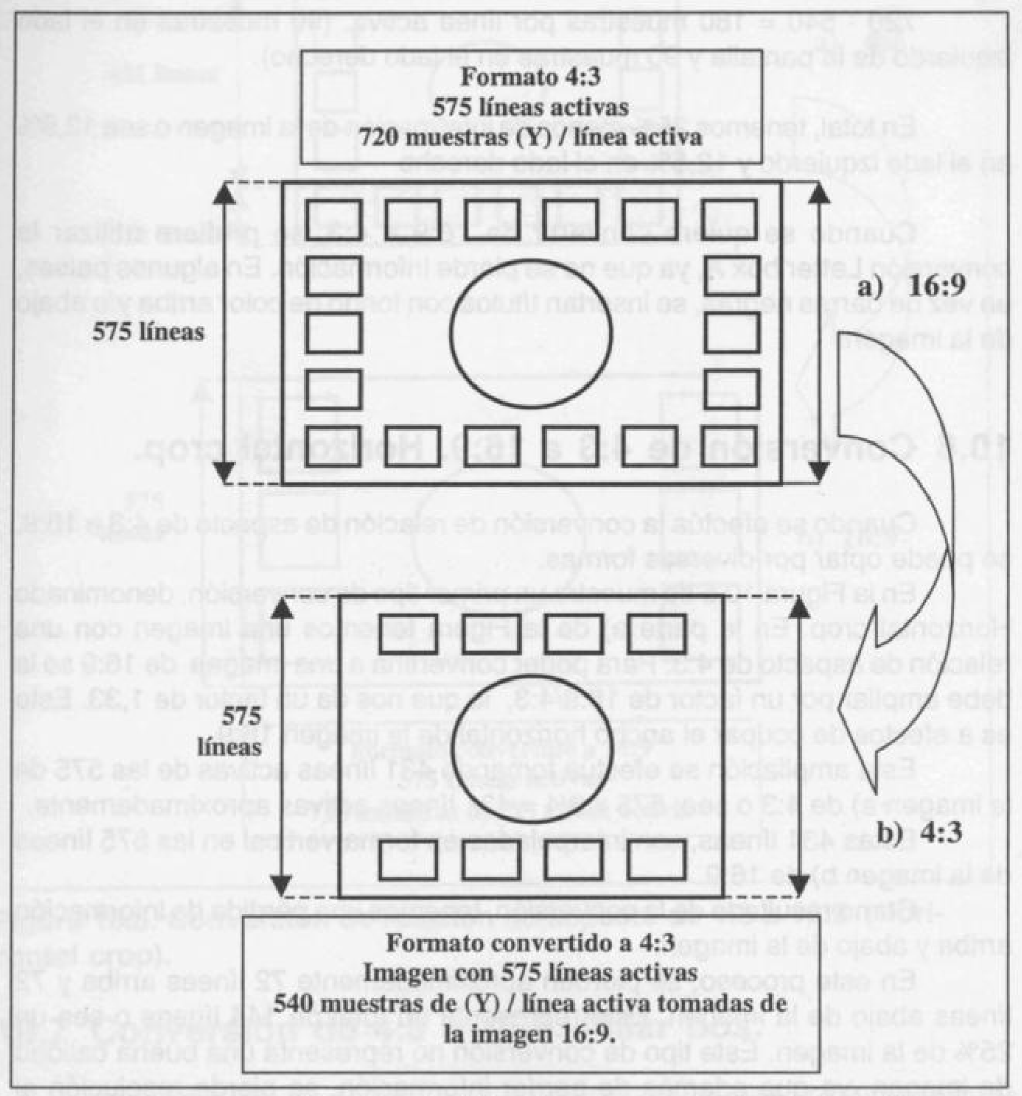


Figura 10.4. Conversión de relación de aspecto de 16:9 a 4:3 (Edge cropped).

En este tipo de conversión, se mantienen las 575 líneas activas.

La imagen original de 16:9 tenía 720 muestras de luminancia (Y) por línea activa. Despues de la conversión, la nueva imagen de relación 4:3 tiene ahora 540 muestras por línea activa. Esto significa que hemos perdido en total:

Muestras por línea activa despues de la conversión:

720 - 540 = 180 muestras por línea activa. (90 muestras en el lado izquierdo de la pantalla y 90 muestras en el lado derecho).

En total, tenemos 25% menos de información de la imagen o sea 12,5% en el lado izquierdo y 12,5% en el lado derecho

Cuando se quiere convertir de 16:9 a 4:3, se prefiere utilizar la conversión Letter box A, ya que no se pierde información. En algunos países, en vez de barras negras, se insertan títulos con fondo de color arriba y/o abajo de la imagen.

10.6 Conversión de 4:3 a 16:9. Horizontal crop.

Cuando se efectúa la conversión de relación de aspecto de 4:3 a 16:9, se puede optar por diversas formas.

En la Figura 10.5 se muestra un primer tipo de conversión, denominado Horizontal crop. En la parte a) de la Figura tenemos una imagen con una relación de aspecto de 4:3. Para poder convertirla a una imagen de 16:9 se la debe ampliar por un factor de 16:9/4:3, lo que nos da un factor de 1,33. Esto es a efectos de ocupar el ancho horizontal de la imagen 16:9.

Esta ampliación se efectúa tomando 431 líneas activas de las 575 de la imagen a) de 4:3 o sea; 575 x 3/4 = 431 líneas activas aproximadamente.

Estas 431 líneas, son interpoladas en forma vertical en las 575 líneas de la imagen b) de 16:9.

Como resultado de la conversión, tenemos una pérdida de información arriba y abajo de la imagen.

En este proceso, se pierden aproximadamente 72 líneas arriba y 72 líneas abajo de la imagen. Esto representa un total de 144 líneas o sea un 25% de la imagen. Este tipo de conversión no representa una buena calidad de imagen, ya que además de perder información, se pierde resolución al efectuar la interpolación vertical.

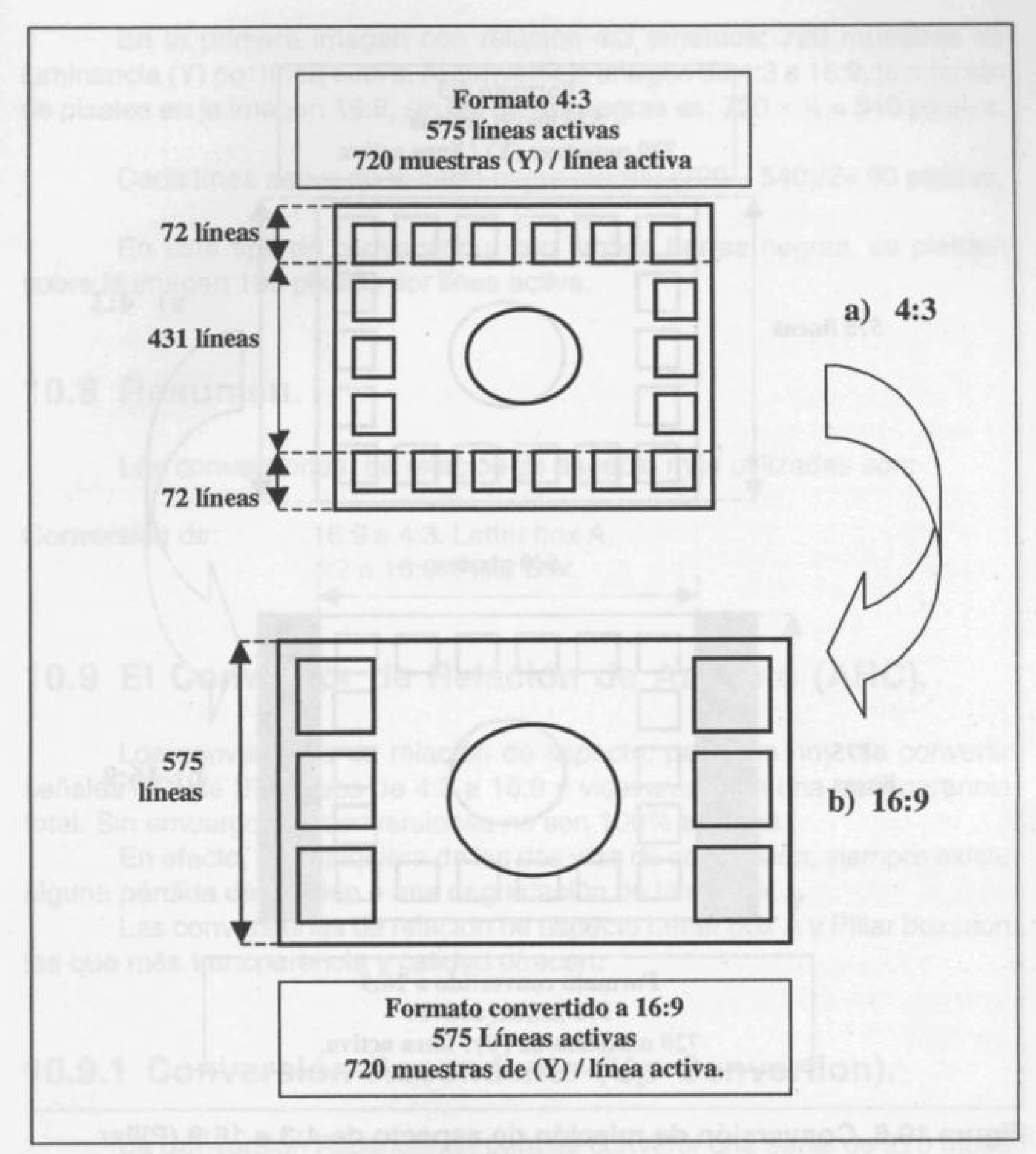


Figura 10.5. Conversión de relación de aspecto de 4:3 a 16:9 (Horizontal crop).

10.7 Conversión de 4:3 a 16:9. Pillar box.

En la Figura 10.6 se representa una conversión de 4:3 a 16:9 denominada Pillar box.

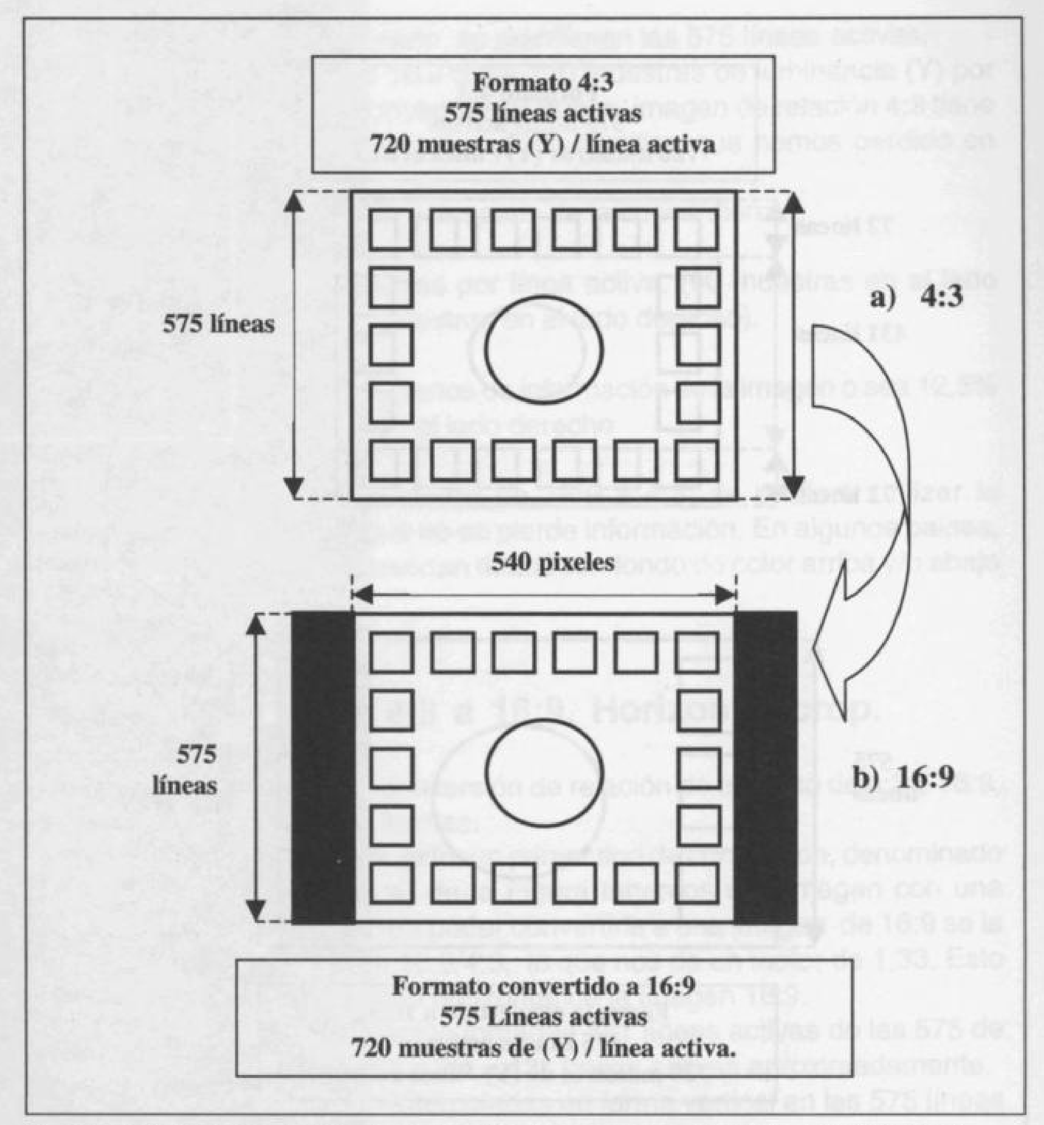


Figura 10.6. Conversión de relación de aspecto de 4:3 a 16:9 (Pillar box).

Al efectuar la conversión de 4:3 a 16:9, se puede optar por este método. La ventaja reside en que la imagen original de 4:3 entra con el mismo tamaño en la pantalla de 16:9, sin pérdida de información. Sin embargo, se deben generar dos barras negras verticales, una a cada lado de la imagen, a fin de ocupar el ancho de la nueva relación.de aspecto.

En la primera imagen con relación 4:3 tenemos; 720 muestras de luminancia (Y) por línea activa. Al convertir la imagen de 4:3 a 16:9, la relación de pixeles en la imagen 16:9, sin las barras negras es; 720 x ¾ = 540 pixeles.

Cada línea activa de la barra negra tendrá: (720 – 540)/2= 90 pixeles.

En este tipo de conversión y con ambas barras negras, se pierden sobre la imagen 180 pixeles por línea activa.

10.8 Resumen.

Las conversiones de relación de aspecto más utilizadas son:

Conversión de: 16:9 a 4:3. Letter box A.
4:3 a 16:9. Pillar box.

10.9 El Conversor de Relación de Aspecto (ARC).

Los conversores de relación de aspecto, permiten hoy día convertir señales SDI de 270 Mbps de 4:3 a 16:9 y viceversa, con una transparencia total. Sin embargo, las conversiones no son 100% exactas.

En efecto, en cualquiera de las dos vías de conversión, siempre existe alguna pérdida de imagen o una degradación de la misma.

Las conversiones de relación de aspecto Letter box A y Pillar box, son las que más transparencia y calidad ofrecen.

10.9.1 Conversión Ascendente (Up Convertion).

La Conversión Ascendente, permite convertir una señal de 270 Mbps con una relación de aspecto de 4:3 a una señal de HDTV de 1,48 Mbps con una relación de 16:9. Los dispositivos encargados de efectuar esta conversión se denominan Up Converters. En primera instancia, para efectuar esta conversión se debe aumentar de 575 líneas activas a 1080 líneas activas. Este proceso, se realiza mediante una interpolación vertical. Luego, se debe aumentar de 720 muestras de luminancia por línea activa a 1920 muestras. Este proceso, es realizado mediante una interpolación horizontal.

En la Figura 10.7 se muestran los formatos de entrada y salida de un Up Converter.

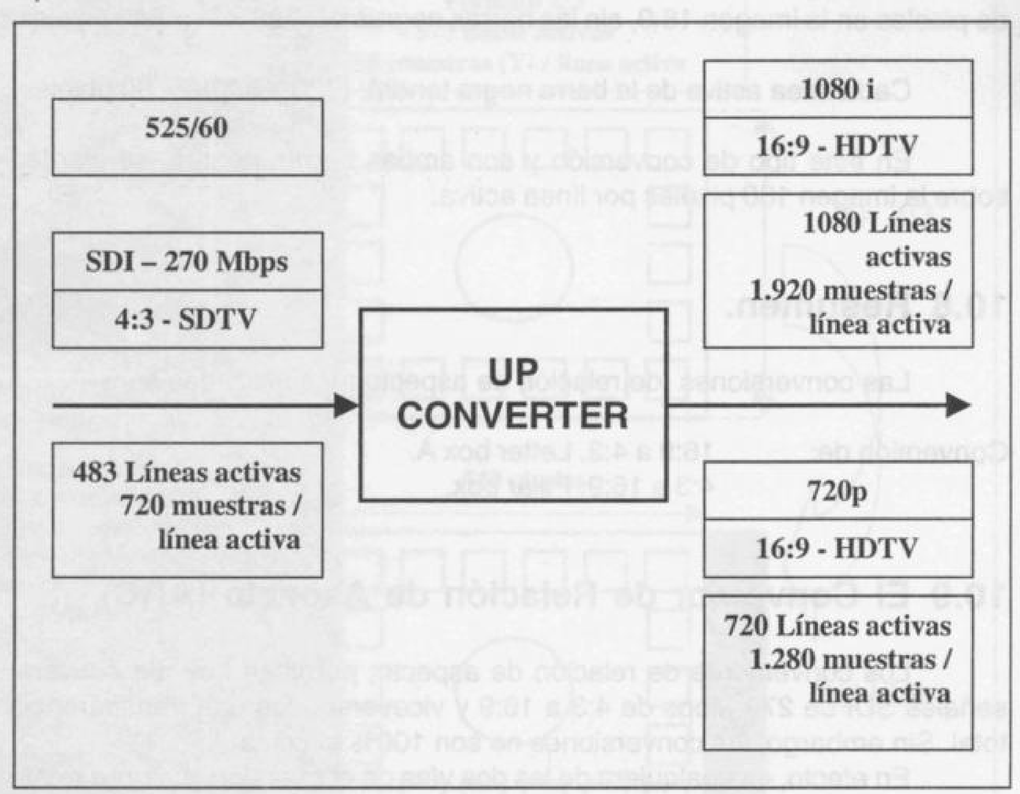


Figura 10.7. Formatos de entrada y salida de un Up Converter.

En este caso, el Up Converter convierte la señal de entrada (525/60), con una relación de aspecto de 4:3, a dos formatos de HDTV (1080i y 720p) en 16:9).

En cualquiera de los dos casos, el Up Converter debe realizar dos interpolaciones, como se había mencionado más arriba. Esta tecnología proporciona la mayor exactitud en el proceso de conversión, pues permite utilizar toda la información temporal y espacial contenida en el video.

La calidad de la conversión es realmente sorprendente, debido a la tecnología empleada en la interpolación. Además de aumentar el número de líneas y de pixeles por línea activa, el Up converter también efectúa la conversión de relación de aspecto de 4:3 a 16:9. Todo ello, hace que el resultado sea una imagen de buena calidad, aunque no sea una imagen de HDTV original.

10.9.2 Conversión Descendente (Down Converter).

La Conversión Descendente es más simple que la Ascendente. A estos dispositivos se los denomina Down Converters.

Generalmente, convierten una señal de HDTV de 1080i ó 720p (16:9) a una señal SDI de 270 Mbps con una relación de aspecto de 4:3.

Capítulo 11

Estándar ATSC

11

ESTANDAR ATSC

11.1 Introducción.

El estándar ATSC (Advanced Television Systems Committee), ha sido diseñado en EE.UU., para la transmisión de una señal digital de HDTV ó múltiples señales de SDTV, con alta calidad de video y audio y para un espectro del canal de 6 MHz de ancho de banda.

A mediados de 1993, un grupo de seis empresas y el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), formaron un consorcio denominado La Gran Alianza. Después de largas pruebas preliminares, donde se compararon los sistemas de modulación 32 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) y el VSB (Visual Side Band), este grupo eligió la modulación VSB para la transmisión de la Televisión Digital.

En el año 1994, el grupo ACATS (Advisory Committeee on Advanced Television Service), aprobó dos modos de modulación. El 8-VSB para Televisión Digital Terrestre y el 16-VSB para sistemas de Televisión Digital por Cable.

11.2 Estándar ATSC.

Para Televisión Digital Terrestre (DTT) y en 6 MHz de ancho de banda del canal, se pueden transportar múltiples programas de SDTV o un programa digital de HDTV, a una velocidad total de 19,39 Mbps.

La cantidad de programas de SDTV a transportar, dependerá de la relación de compresión que se le asigne a cada uno de ellos y esta será función del contenido de cada uno de los programas.

Para sistemas digitales de Cable, se requiere una velocidad de datos de 38,78 Mbps. Pero, a esta velocidad se pueden transportar dos programas de HDTV ó multiples programas de SDTV.

En la Figura 11.1, se muestran las principales características del estándar ATSC, para sistemas de DTT.

Para la compresión de video, se adoptaron las especificaciones del estándar MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13818-2.

Para el múltiplexado de las señales (formato de transporte y protocolo), se adoptaron las especificaciones del estándar MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13.818/1.

El audio se comprime de acuerdo al estándar Dolby AC-3, el cual permite comprimir hasta seis canales de audio digitales.

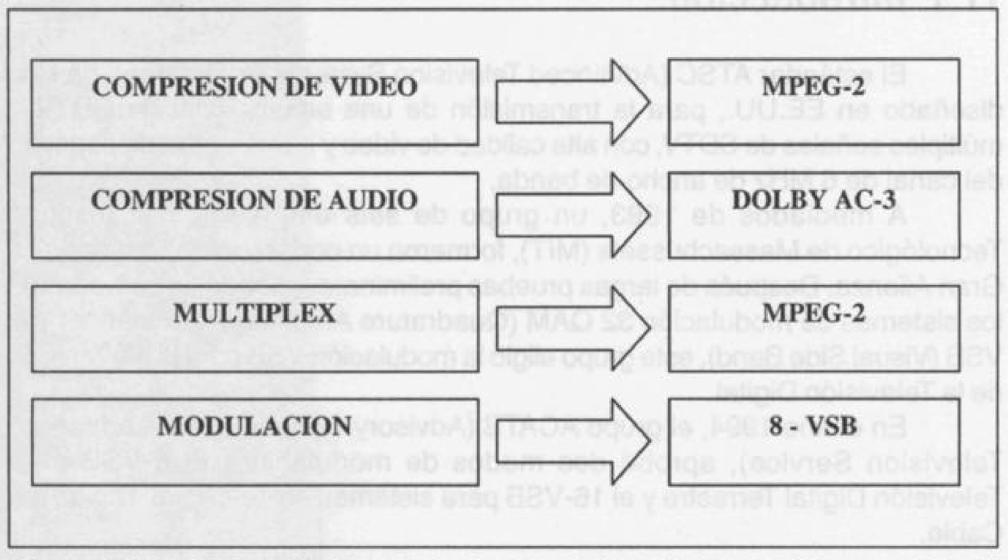


Figura 11.1. Características principales del estándar ATSC para DTT (Televisión Digital Terrestre).

Para DTT, se adoptó la modulación 8-VSB de Banda Lateral Vestigial con 8 niveles discretos de amplitud.

Además, el mecanismo de transporte ha sido concebido para ser compatible con los distintos servicios de DTT, sistemas de Televisión por Cable, sistemas de Satélite e interactividad con computadoras.

El estándar ATSC emplea el sistema de transporte y la sintáxis del estándar MPEG-2 y ambos son compatibles con el sistema de transporte ATM.

11.3 Sistema de transmisión.

En la Figura 11.2 se muestra un diagrama de bloques de un sistema de transmisión para DTT, en el estándar ATSC.

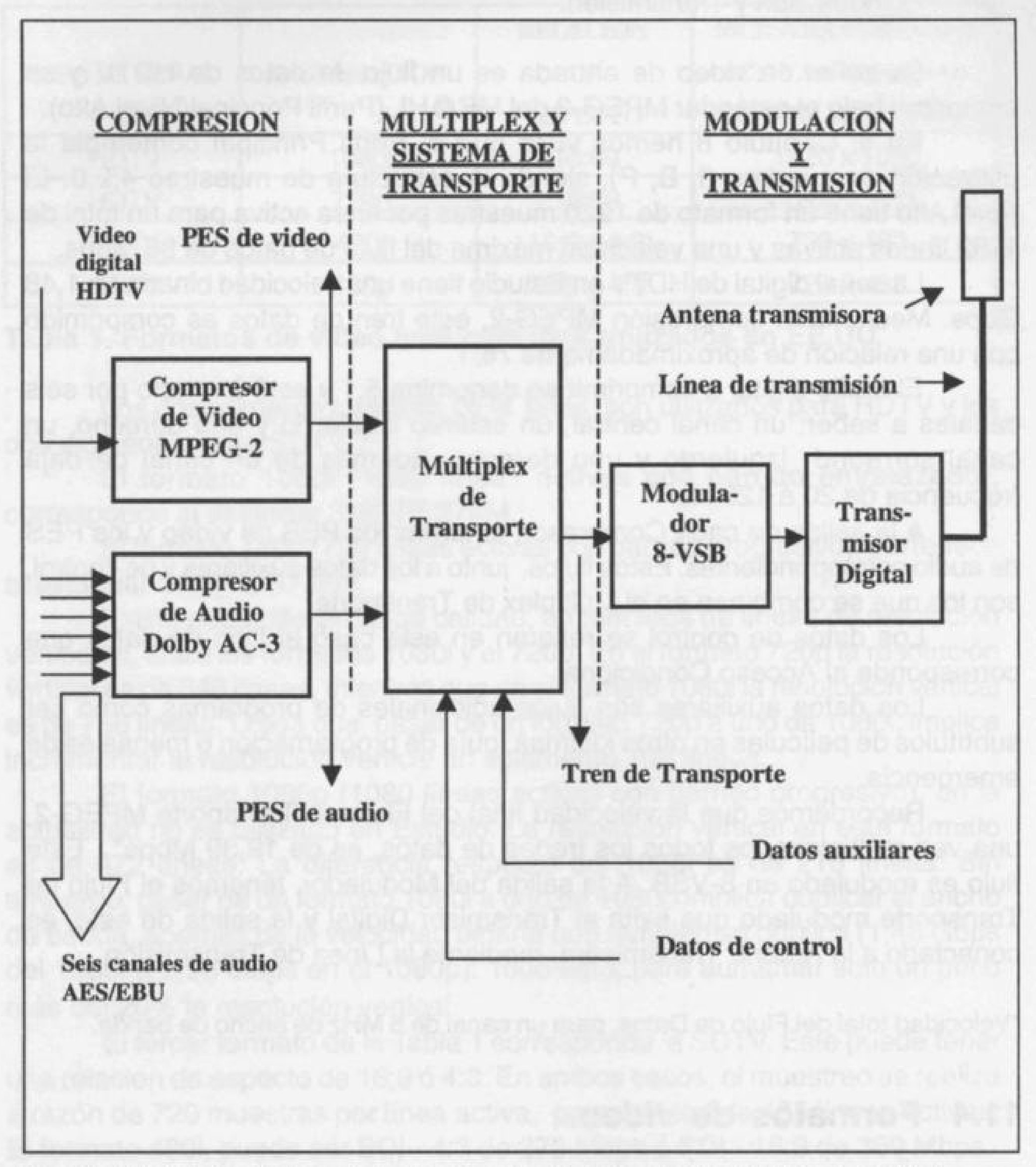


Figura 11.2. Diagrama de bloques de un programa (video + audio), para Transmisión Digital Terrestre en el estándar ATSC.

En la Figura 11.2 se destacan tres etapas bien definidas que son;

- Compresión
- Múltiplex y Sistema de Transporte
- Modulación y Transmisión.

La señal de video de entrada es un flujo de datos de HDTV y se comprime bajo el estándar MPEG-2 del MP@HL (Perfil Principal/Nivel Alto).

En el Capítulo 8 hemos visto que el Perfil Principal contempla la utilización de cuadros (I, B, P), siendo la estructura de muestreo 4:2:0. El Nivel Alto tiene un formato de 1920 muestras por línea activa para un total de 1152 líneas activas y una velocidad máxima del flujo de datos de 80 Mbps.

La señal digital de HDTV en Estudio tiene una velocidad binaria de 1,48 Gbps. Mediante la compresión MPEG-2, este tren de datos es comprimido con una relación de aproximadamente 76:1.

El audio digital a comprimir se denomina 5.1 y está formado por seis canales a saber; un canal central, un estéreo izquierdo y uno derecho, un canal surraund izquierdo y uno derecho, además de un canal de baja frecuencia de 20 a 120 Hz.

A la salida de cada Compresor, tenemos los PES de video y los PES de audio correspondientes. Estos flujos, junto a los datos auxiliares y de control, son los que se combinan en el Múltiplex de Transporte.

Los datos de control se refieren en este caso al flujo de datos que corresponde al Acceso Condicional.

Los datos auxiliares son flujos adicionales de programas como ser subtítulos de películas en otros idiomas, guía de programación o mensajes de emergencia.

Recordemos que la velocidad final del Flujo de Transporte MPEG-2, una vez multiplexados todos los trenes de datos, es de 19,39 Mbps*. Este flujo es modulado en 8-VSB. A la salida del Modulador, tenemos el Flujo de Transporte modulado que exita al Transmisor Digital y la salida de este, es conectado a la Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

*Velocidad total del Flujo de Datos, para un canal de 6 MHz de ancho de banda.

11.4 Formatos de video.

El estándar ATSC contempla numerosos formatos de video. No existe una regla específica sobre cuales de ellos se deben utilizar.

Se ha dejado librado a la industria y al mercado en general, para que decida en cada caso, cual es el formato más conveniente a adoptar.

En la Tabla 1 se muestran los formatos más comunes, que son utilizados en el mercado de EE.UU.

TIPO DE SEÑAL	DENOMINACION	RELACION DE ASPECTO	MUESTRA POR LINEA ACTIVA x CANTIDAD DE LINEAS ACTIVAS
HDTV	1080i	16:09	1920 x 1080
HDTV	720p	16:09	1280 x 720
SDTV	480i	16:9 y 4:3	720 x 483
SDTV	480p	16:9 y 4:3	720 x 483

Tabla 1. Formatos de video más comúnes utilizados en EE.UU.

Los dos primeros formatos de la Tabla son utilizados para HDTV y los dos siguientes para SDTV.

El formato 1080i (1080 líneas activas con barrido entrelazado), corresponde al estándar SMPTE 274M.

El formato 720p (720 líneas activas con barrido progresivo), pertenece al estándar SMPTE S7.392.

Existe poca diferencia de calidad, en términos de líneas de resolución verticales, entre los formatos 1080i y el 720p. En el formato 720p la resolución vertical es de 648 líneas, mientras que en el formato 1080i la resolución vertical es de 756 líneas. O sea que pasar de un formato 720p a uno de 1080i, implica incrementar la resolución vertical en solamente 108 líneas.

El formato 1080p (1080 líneas activas con barrido progresivo), en la actualidad no es utilizado en Estudio. La resolución vertical en este formato es de 972 líneas. La diferencia respecto del 1080i es de 216 líneas. Sin embargo, pasar de un formato 1080i a uno de 1080p implica duplicar el ancho de banda, además de la velocidad binaria que tambien se duplica (1,48 Gbps del 1080i a 2,96 Gbps en el 1080p). Todo esto, para aumentar solo un poco más del 20% la resolución vertical.

El tercer formato de la Tabla 1 corresponde a SDTV. Este puede tener una relacion de aspecto de 16:9 ó 4:3. En ambos casos, el muestreo se realiza a razón de 720 muestras por línea activa, para un total de 485 líneas activas. El formato 480i, puede ser SDI - 4:3 de 270 Mbps ó SDI - 16:9 de 360 Mbps.

El cuarto formato corresponde al 480p (progresivo), con una velocidad binaria del flujo de datos de 540 Mbps.

En los formatos 480i y 480p que se emplean para compresión, solo se utilizan 480 líneas de las 485 activas.

Además, se muestrean 704 muestras por línea activa en vez de 720. Las ocho muestras al comienzo y al final de la línea activa se descartan.

En la Tabla 2, se muestran los formatos utilizados en ATSC, con las distintas relaciones de imagen (cuadros y campos barridos por segundo).

LINEAS ACTIVAS EN LA IMAGEN	PIXELES* POR LINEA ACTIVA	RELACION DE ASPECTO	RELACION DE IMAGEN CUADROS Y CAMPOS POR SEGUNDO
1080	1920	16:09	60I**, 30P***, 24P
720	1280	16:09	60P, 30P, 24P
480	704	16:9 y 4:3	60P, 60I, 30P, 24P
480	640	16:9 y 4:3	60P, 60I, 30P, 24P
	*Muestras de luminancia		**I: (Interlaced). Entrelazado. ***P: (Progressive). Progresivo.

Tabla 2. Formatos de video y las relaciones de imagen utilizadas en el estándar ATSC.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

En la última columna podemos apreciar las distintas relaciones de imagen, para los distintos formatos utilizados.

En esta Tabla, los dos primeros formatos para 1080 y 720 líneas activas, corresponden a HDTV y el tercero y cuarto formatos para 480 líneas activas, corresponden a SDTV.

Los formatos de este estándar cubren todas las facilidades posibles.

Para el formato de 480 líneas activas con 704 muestras de luminancia por línea activa (704x480), se emplean en este estándar las siguientes relaciones; 60P (60 campos con barrido progresivo), 60I (60 campos con barrido entrelazado), 30P (30 cuadros con barrido progresivo) y 24P (24 cuadros con barrido progresivo).

11.5 Transmisión y recepción de la señal de video en ATSC.

En la Figura 11.3 se muestra el proceso de Codificación - Múltiplex y Modulación, para un sistema de transmisión de video y el respectivo sistema de recepción.

Como se había mencionado al comienzo, el estándar ATSC adoptó para la compresión de video las especificaciones del sistema de compresión MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13818-2.

El Subsistema de Transporte para el múltiplexado de las señales (formato de transporte y protocolo), adoptó las especificaciones del estándar MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13.818/1.

La modulación empleada depende del tipo de transmisión. Si esta es para DTT, se emplea la modulación 8-VSB. Para sistemas de Televisión por Cable, se adoptó la modulación 16-VSB.

En la Figura, el diagrama es válido para cualquier medio de transmisión ya sea DTT o sistemas de Cable.

La señal de video de entrada es SDI. La primer etapa corresponde al Codificador de Video. Aquí, a la señal se la comprime con la la relación de compresión deseada. A la salida tenemos el flujo elemental de video.

La próxima etapa constituye el Subsistema de Transporte. Aquí se multiplexan los distintos trenes de datos, en un solo Flujo de Transporte. En este ejemplo solo tenemos un flujo de video (ES) para multiplexar.

A la salida del Múltiplex tenemos el (TS). Este flujo está consituído por paquetes MPEG-2 de 188 bytes de capacidad cada uno.

A continuación, tenemos el Subsistema de Transmisión. En realidad aqui tenemos dos etapas a saber; modulación y transmisión.

En la primer etapa, el Flujo de Transporte MPEG-2, es modulado en 8-VSB. Luego, este flujo modulado exita al Transmisor Digital.

Una vez que la señal de RF digital es transmitida, el canal representa en este caso, el medio de Transmisión Digital Terrestre (DTT).

La señal, una vez recibida es demodulada. Aquí se efectúa el proceso inverso al de la transmisión.

A la salida del Demodulador tenemos el flujo de datos que contiene los paquetes de transporte.

El Subsistema de Transporte en el receptor, efectúa el proceso inverso al realizado por el Múltiplex en la transmisión. Esto significa que el Flujo de Transporte se demultiplexa y depaquetiza en un flujo elemental de video.

Este flujo de video comprimido ingresa al Decodificador para su decompresión. A la salida del Decompresor, tenemos el video digital original o video reconstruído.

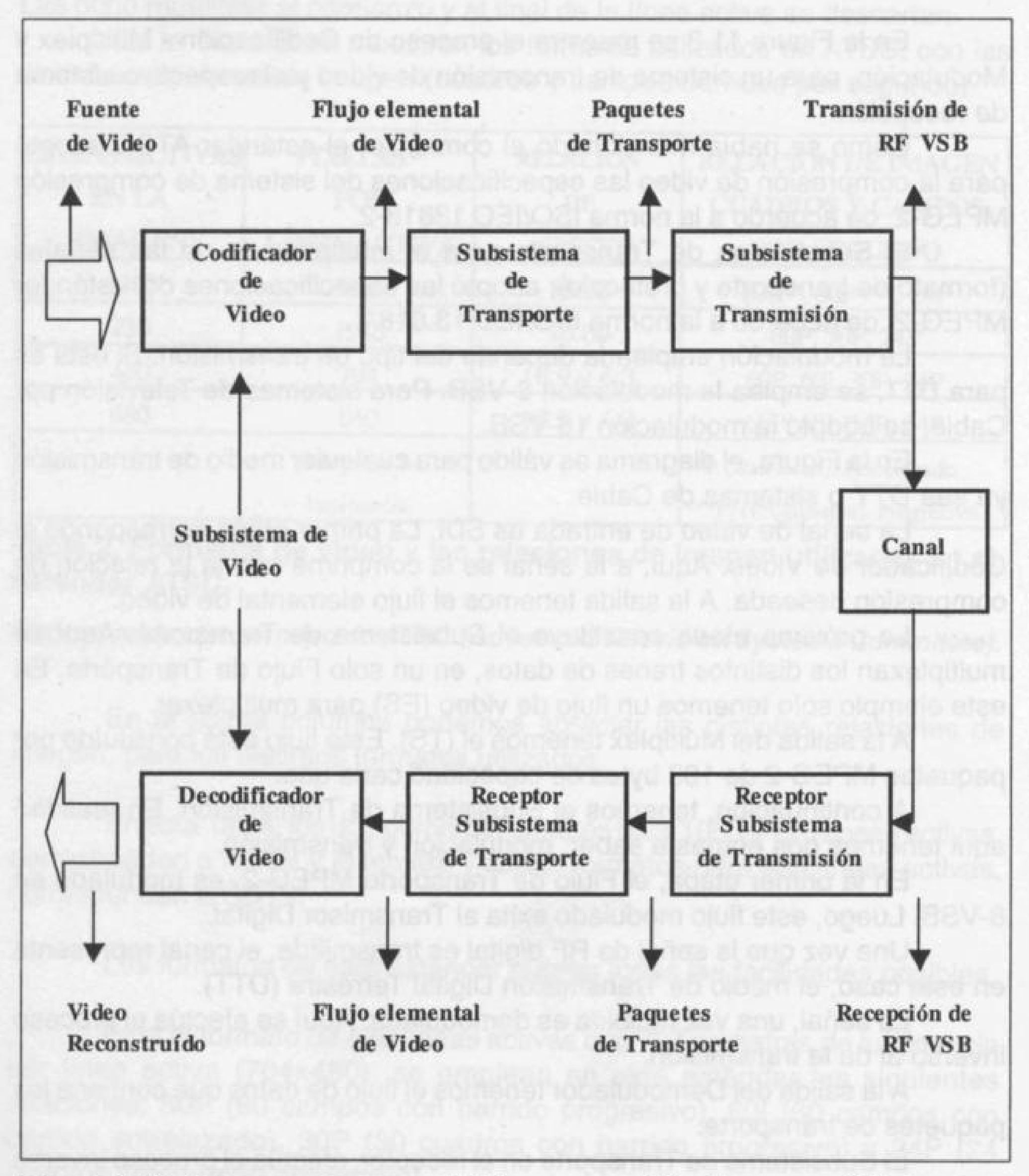


Figura 11.3. Proceso de transmisión y recepción de una señal de video en el estándar ATSC.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

Es de notar que en el proceso de transmisión de la Figura 11.3, cada etapa representa un dispositivo por separado. En cambio, en la recepción todas las etapas constituyen un solo dispositivo (Decodificador).

11.6 Codificación de la señal de video.

Como se había mencionado, la codificación de la señal de video en ATSC, cumple con las especificaciones del estándar MPEG-2. Esto significa que el Codificador de video con Estimación de Movimiento, visto en el Capítulo 6, es válido para ser utilizado en este estándar.

En la Figura 11.4, se representa un Codificador de video con un lazo de predicción de movimiento, empleado en el estándarATSC.

El lazo de predicción estima el valor de la próxima imagen a codificar de la secuencia de imágenes. La diferencia entre la imagen previa predicha y la imagen actual, es el error de predicción. Este error es el que se codifica.

Si la predicción es acertada, el error de predicción es cero.

Los errores de predicción, en bloques de 8x8, se procesan por separado para la señal de luminancia y cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr.

Junto a los errores de predicción se codifican los vectores de movimiento.

Para un mejor análisis del proceso de codificación y predicción, hemos indicado con letras, el proceso realizado en cada etapa.

En la Tabla 3, se muestran las funciones de cada una de las etapas del diagrama de la Figura 11.4.

Item	Proceso
A	Error de predicción pixel a pixel.
B	Error de predicción aplicada la DCT.
C	Error de predicción aplicada la Cuantificación.
D	Error de predicción aplicada la Cuantificación Inversa.
E	Error de predicción aplicada la DCT Inversa.
F	Valor de pixel reconstruído u original.
G	Valor de pixel predicho compensado en movimiento.
H	Vectores de movimiento.

Tabla 3. Proceso de codificación y predicción del Codificador de la Figura 11.4.

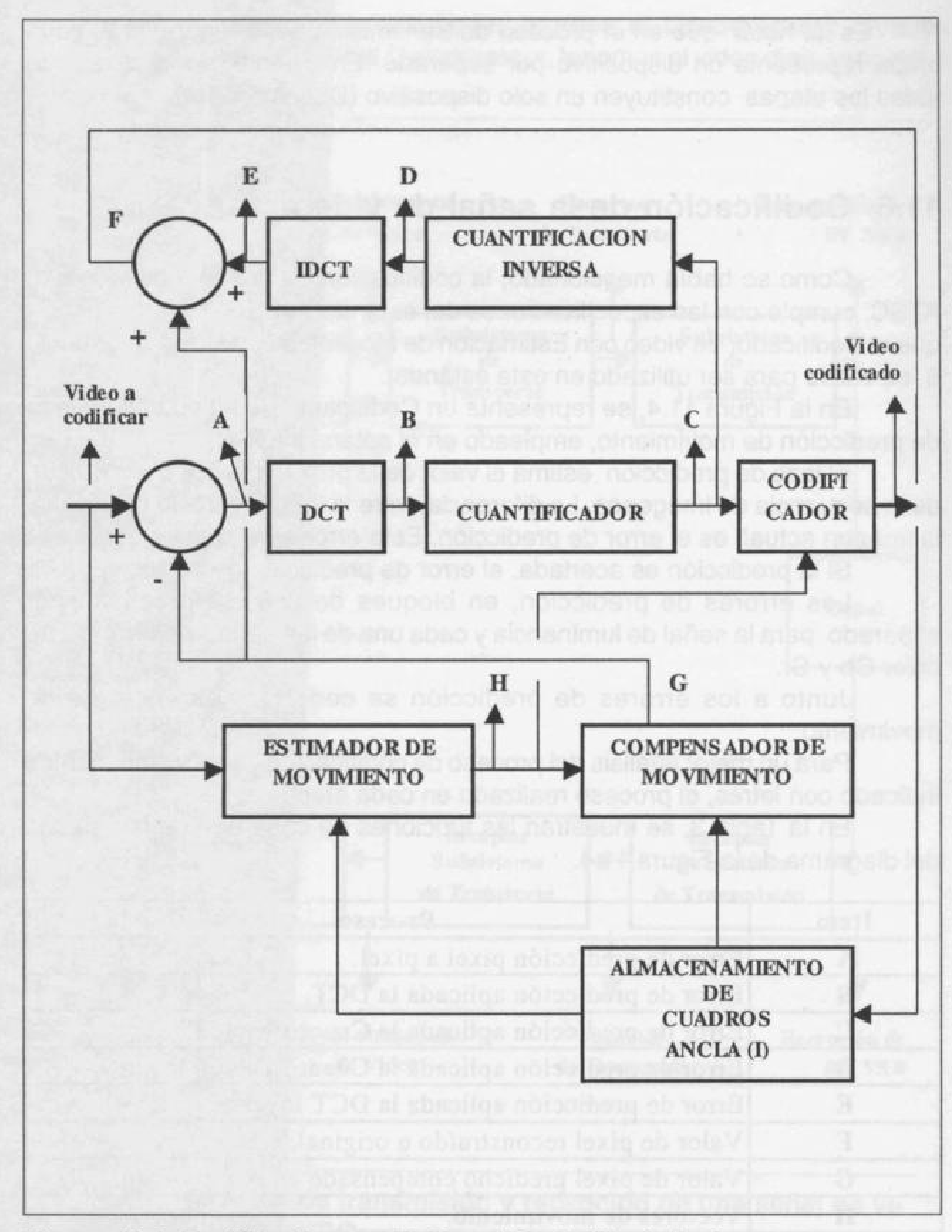


Figura 11.4. Codificador con Estimación de Movimiento.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

11.7 Decodificación de la señal de video.

En el estándar ATSC, las funciones de las distintas etapas del Decodificador de video, se basa en los mismos principios vistos en el Capítulo 6.

En la Figura 11.5 se muestra un Decodificador. En este diagrama, solo se representa la parte de video.

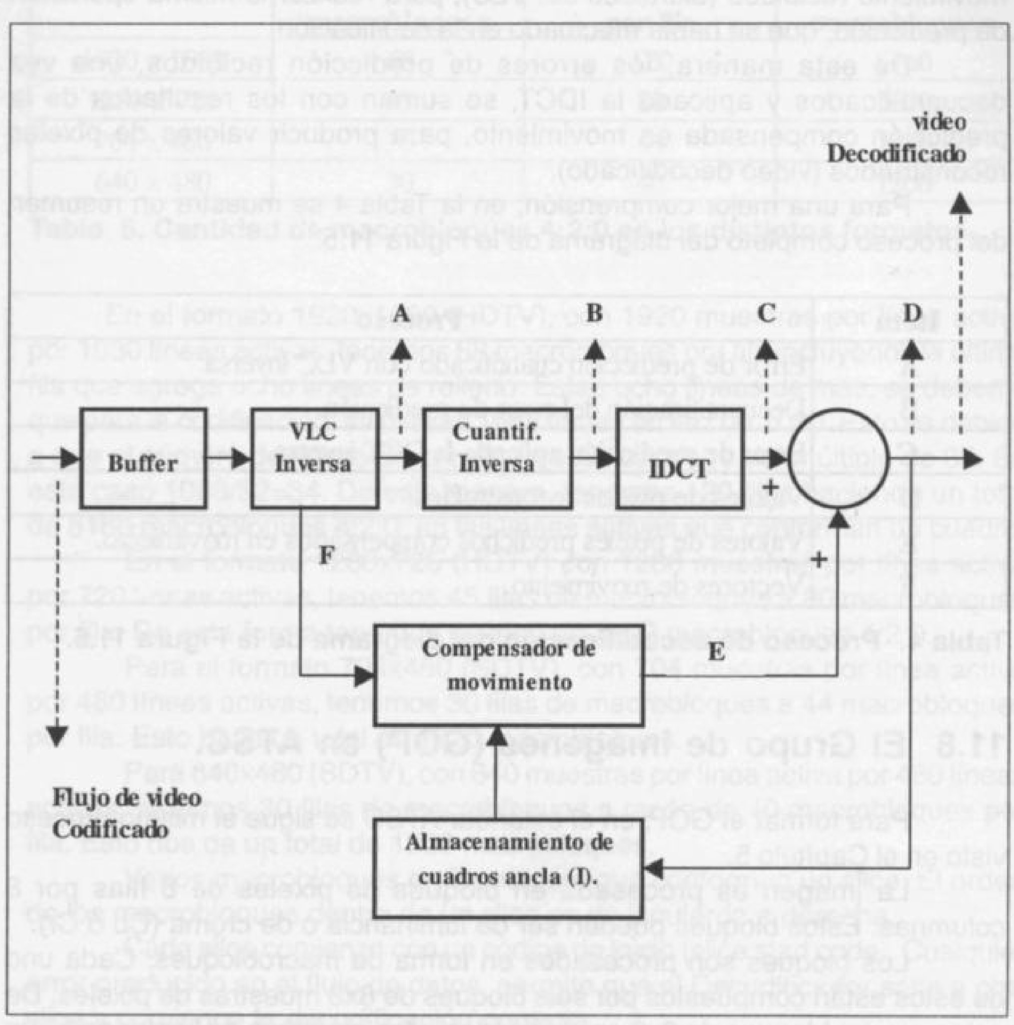


Figura 11.5. Diagrama de un Decodificador para la señal de video.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

El flujo de video codificado ingresa al Buffer. Los bits son extraídos de este, mediante el Decodificador de Longitud Variable (VLD). Este reconstruye los bloques de 8x8 de los coeficientes.

El próximo paso, consiste en aplicar el proceso de De-cuantificación (Cuantificación Inversa), y a continuación la Transformada del Coseno Discreto Inversa. De esta manera tenemos los valores de pixel o errores de predicción.

Para la predicción inter cuadros, el Decodificador usa los vectores de movimiento recibidos (extraidos del VLC), para realizar la misma operación de predicción, que se había efectuado en la codificación.

De esta manera, los errores de predicción recibidos, una vez decuantificados y aplicada la IDCT, se suman con los resultados de la predicción compensada en movimiento, para producir valores de pixeles reconstruídos (video decodificado).

Para una mejor comprensión, en la Tabla 4 se muestra un resumen del proceso completo del diagrama de la Figura 11.5.

Item	Proceso
A	Error de predicción cuantificado con VLC inversa.
B	Decuantificación del error de predicción.
C	Error de predicción aplicada la DCT inversa.
D	Valores de pixeles reconstruídos.
E	Valores de pixeles predichos compensados en movimiento.
F	Vectores de movimiento.

Tabla 4. Proceso de decodificación del diagrama de la Figura 11.5.

11.8 El Grupo de imágenes (GOP) en ATSC.

Para formar el GOP, en el estándar ATSC se sigue el mismo proceso visto en el Capítulo 5.

La imagen es procesada en bloques de pixeles de 8 filas por 8 columnas. Estos bloques pueden ser de luminancia o de croma (Cb ó Cr).

Los bloques son procesados en forma de macrobloques. Cada uno de estos están compuestos por seis bloques de 8x8 muestras de pixeles. De estos, cuatro bloques de 8x8 corresponden a las muestras de luminancia, un bloque de 8x8 a las muestras de Cb y un bloque de 8x8 a las muestras de Cr.

En total, en un macrobloque 4:2:0 tenemos; 256 muestras de luminancia (Y), 64 muestras de (Cb) y 64 muestras de (Cr). Esto nos indica que en un macrobloque 4:2:0 tenemos 384 muestras en total.

En la Tabla 5 se muestran la cantidad de macrobloques empleados, para los distintos formatos.

Formato	Filas de macrobloques	Cantidad de macrobloques por fila	Total de macrobloques
1920 x 1080	68	120	8160
1280 x 720	45	80	3600
704 x 480	30	44	1320
640 x 480	30	40	1200

Tabla 5. Cantidad de macrobloques 4:2:0 en los distintos formatos.

En el formato 1920x1080 (HDTV), con 1920 muestras por línea activa por 1080 líneas activas, tenemos 68 macrobloques por fila incluyendo la última fila que agrega ocho líneas de relleno. Estas ocho líneas de más, se deben a que para la codificación, se utilizan 1088 líneas en vez de 1080. Esto es debido a que el número de líneas de la señal a codificar debe ser múltiplo de 32. En este caso 1088/32=34. De esta manera, tenemos 120 filas haciendo un total de 8160 macrobloques 4:2:0, en las líneas activas que conforman un cuadro.

En el formato 1280x720 (HDTV) con 1280 muestras por línea activa por 720 líneas activas, tenemos 45 filas de macrobloques a 80 macrobloques por fila. De esta forma tenemos un total de 3600 macrobloques 4:2:0.

Para el formato 704x480 (SDTV), con 704 muestras por línea activa por 480 líneas activas, tenemos 30 filas de macrobloques a 44 macrobloques por fila. Esto hace un total de 1320 macrobloques.

Para 640x480 (SDTV), con 640 muestras por línea activa por 480 líneas activas, tenemos 30 filas de macrobloques a razón de 40 macrobloques por fila. Esto nos da un total de 1200 macrobloques.

Varios macrobloques en forma contígua conforman un slice. El orden de los macrobloques dentro de un slice es de izquierda a derecha.

Cada slice comienza con un código de inicio (slice start code). Cualquier error producido en el flujo de datos, permite que el Decodificador salte a otro slice y comience la decodificación correcta.

Una imagen de video consiste de varios slices. Una ó más imágenes conforman un grupo de imágenes denominado GOP.

Un GOP está conformado por imágenes I, B y P.

Las imágenes (I), como se había visto, son codificadas en forma espacial. Estas son utilizadas para facilitar la captura del canal cuando se apaga el Decodificador o se cambia de canal.

También, cuando se inicia el lazo de predicción en el Decodificador, debe haber una imagen (I) disponible.

Las imágenes (P) son de predicción y son codificadas en forma temporal. Estas imágenes, toman información para efectuar la predicción de la imagen (I) ó de la imagen (P), más cercanas.

Las imágenes (B) son de predicción bidireccional. Para su formación, toman información tanto de una imagen futura como de una imagen previa (I) ó (P). Este tipo de imagenes mejora la eficiencia de la codificación. El Codificador, determina la cantidad de imágenes (B) que empleará.

Un conjunto de GOP´s conforma una secuencia. Esta tiene una cabecera de inicio que lleva los parámetros de ese flujo de datos, como ser perfil y nivel utilizado, relación de aspecto, etc.

11.9 Multiplexado de los flujos de datos.

En el estándar ATSC, un Flujo de Transporte de Programa se forma a partir del multiplexado de bits individuales, con una base de tiempo común. La referencia a bits individuales puede ser a partir del flujo elemental comprimido (ES) o de los PES.

Este tipo de flujo, es distinto del Flujo de Programa (Program Stream), definido en MPEG-2.

El multiplexado del flujo de datos, definido en ATSC, se realiza en dos capas diferentes a saber:

Capa 1. Múltiplex de Transporte de Programa Simple.

Los Flujos de Transporte de Programa, se forman multiplexando uno o más flujos elementales de bits.

Capa 2. Múltiplex de Sistema.

Se forma multiplexando los Flujos de Transporte de Programa, por multiplexado asincrónico de paquetes, para formar el Múltiplex de Sistema.

11.9.1 Múltiplex de Transporte de Programa Simple.

En la Figura 11.6 se muestra un diagrama del multiplexado del Flujo de Transporte de Programa Simple. Cada una de las entradas lleva el flujo elemental de video, audio y datos, con su PID (Packet IDentification).

También, ingresa al Múltiplex un flujo de control llamado program_map_table (PMT), que representa la Tabla del Mapa de Programa con sus (PIDs) y tipos de flujos de video, audio o datos.

Un Flujo de Transporte de Programa, puede estar compuesto por uno ó más flujos elementales de video, audio y/o datos. Todos los flujos deben tener la misma base de tiempo.

En el Capítulo 9 habíamos visto los conceptos y las funciones de la PMT.

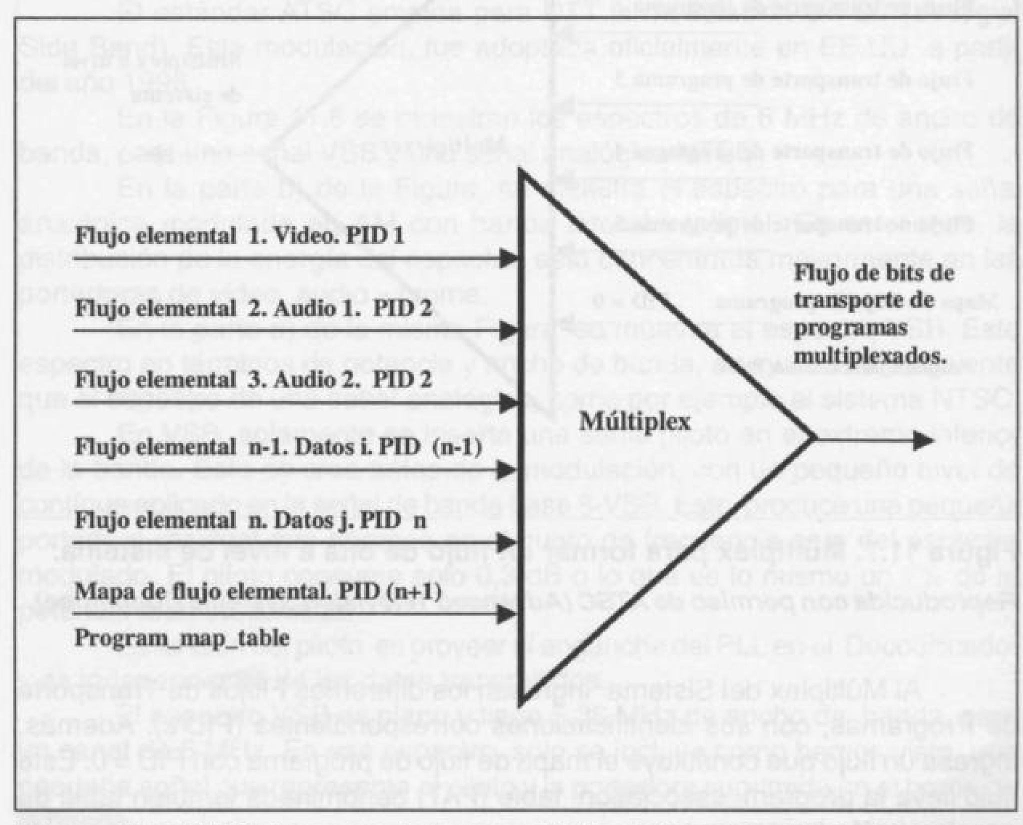


Figura 11.6. Múltiplex para formar un Flujo de Transporte de Programa.
Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

11.9.2 Múltiplex del sistema.

El multiplexado de diferentes Flujos de Transporte de Programas, constituye el Múltiplex del Sistema.

En la Figura 11.7 se muestra este tipo de múltiplex.

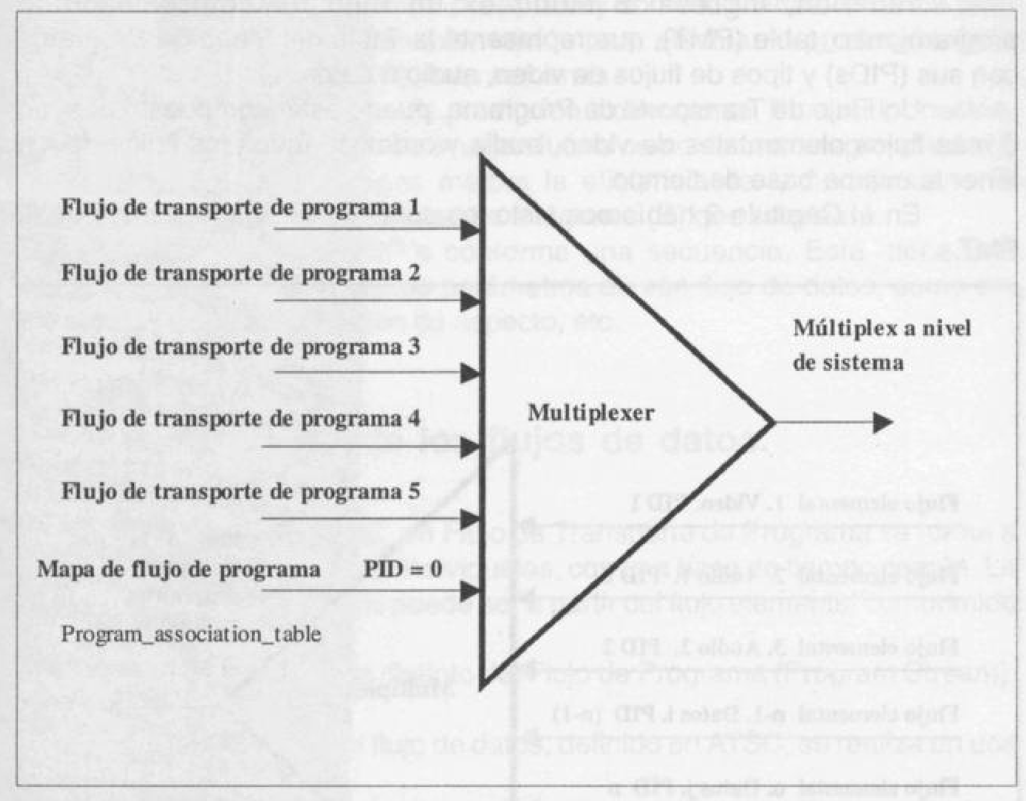


Figura 11.7. Múltiplex para formar un flujo de bits a nivel de sistema.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

Al Múltiplex del Sistema ingresan los diferentes Flujos de Transporte de Programas, con sus identificaciones correspondientes (PID's). Además, ingresa un flujo que constituye el mapa de flujo de programa con PID = 0. Este flujo lleva la program_association_table (PAT) denominada tambien tabla de asociación de programas.

El concepto de la PAT ha sido expuesto en el Capítulo 9.

El proceso de identificar un programa y su contenido se realiza en dos etapas. En la primer etapa, se utiliza la PAT en el flujo de bits PID = 0 para identificar el flujo de bits que lleva PMT para el programa. En la segunda etapa, se obtienen las identificaciones (PID's) de los flujos elementales de bits que conforman el programa, consultando la PMT respectiva.

En el Capítulo 9, Figura 9.16, hemos analizado las funciones de la program_association_table (PAT) y la program_map_table (PMT).

11.10 Modulación 8-VSB para Televisión Digital Terrestre (DTT).

El estándar ATSC emplea para DTT la modulación 8-VSB (Vestigial Side Band). Esta modulación, fue adoptada oficialmente en EE.UU. a partir del año 1996.

En la Figura 11.8 se muestran los espectros de 6 MHz de ancho de banda, para una señal VSB y una señal analógica NTSC.

En la parte b) de la Figura, se muestra el espectro para una señal analógica modulada en AM con banda lateral vestigial. En este caso, la distribución de la energía del espectro está concentrada mayormente en las portadoras de video, audio y croma.

En la parte a) de la misma Figura se muestra el espectro VSB. Este espectro en términos de potencia y ancho de banda, es mucho más eficiente que el espectro de una señal analógica, como por ejemplo el sistema NTSC.

En VSB, solamente se inserta una señal piloto en el extremo inferior de la banda. Este se crea antes de la modulación, con un pequeño nivel de contínua aplicado en la señal de banda base 8-VSB. Este produce una pequeña portadora residual que aparece en el punto de frecuencia cero del espectro modulado. El piloto consume solo 0,3 dB o lo que es lo mismo un 7% de la potencia total transmitida.

La función del piloto es proveer el enganche del PLL en el Decodificador y es independiente de los datos transmitidos.

El espectro VSB es plano y tiene 5,38 MHz de ancho de banda, para un canal de 6 MHz. En ese espectro, solo se incluye como hemos visto, una pequeña señal que representa al piloto y la portadora suprimida en el borde de la banda.

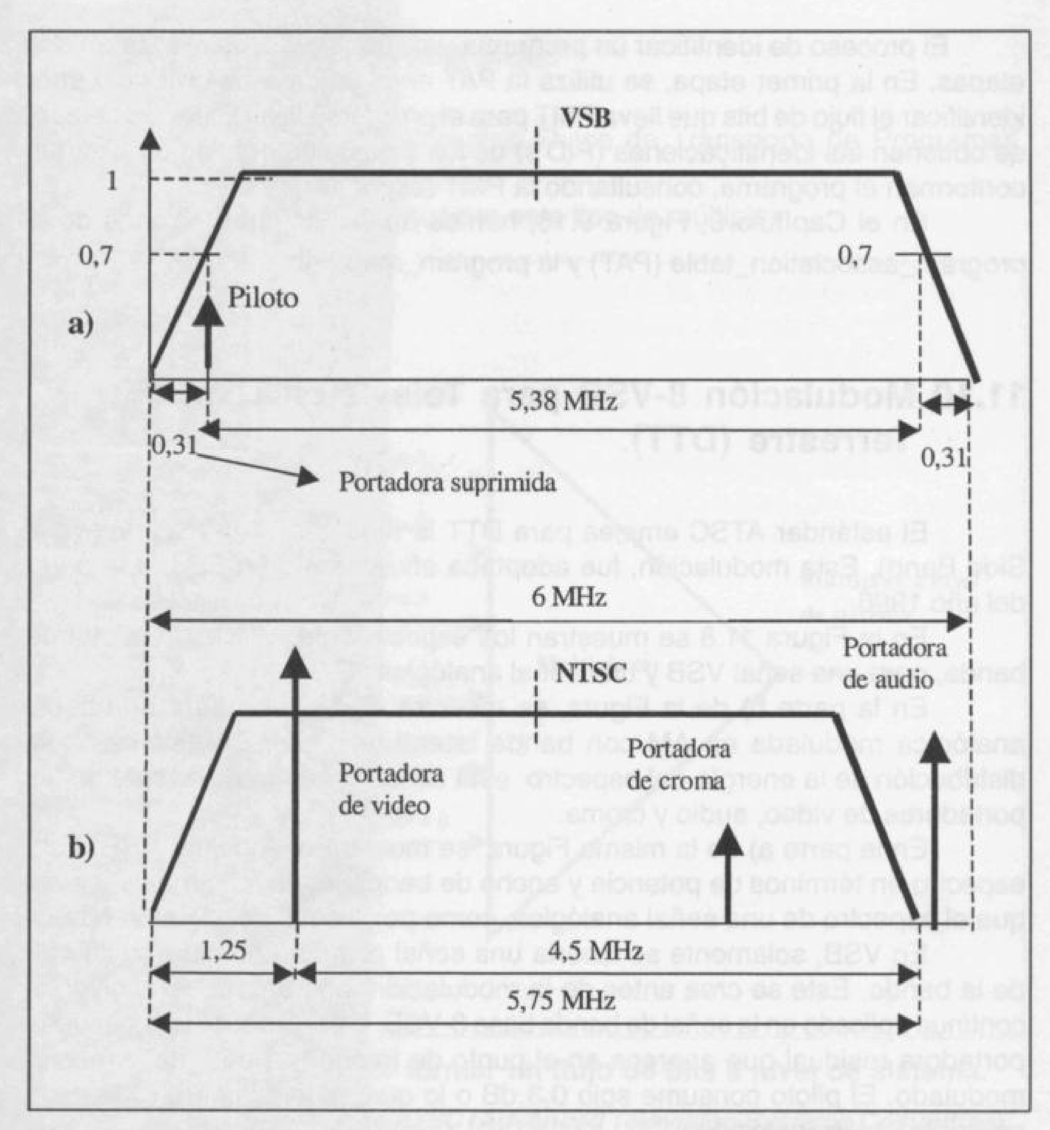


Figura 11.8. a) Espectro VSB. b) Espectro analógico NTSC.

Reproducida con permiso de Zenith Electronics Corporation.

11.11 Modulador 8-VSB.

El diagrama del Exitador o Modulador 8-VSB, se muestra en la Figura 11.9.

El flujo de datos de entrada sigue la sintáxis de MPEG-2. Este flujo está compuesto por paquetes MPEG-2 de 188 bytes cada uno. Estos paquetes que conforman el (TS), contienen los flujos de video, audio y datos de todos los programas comprimidos que se habían multiplexado.

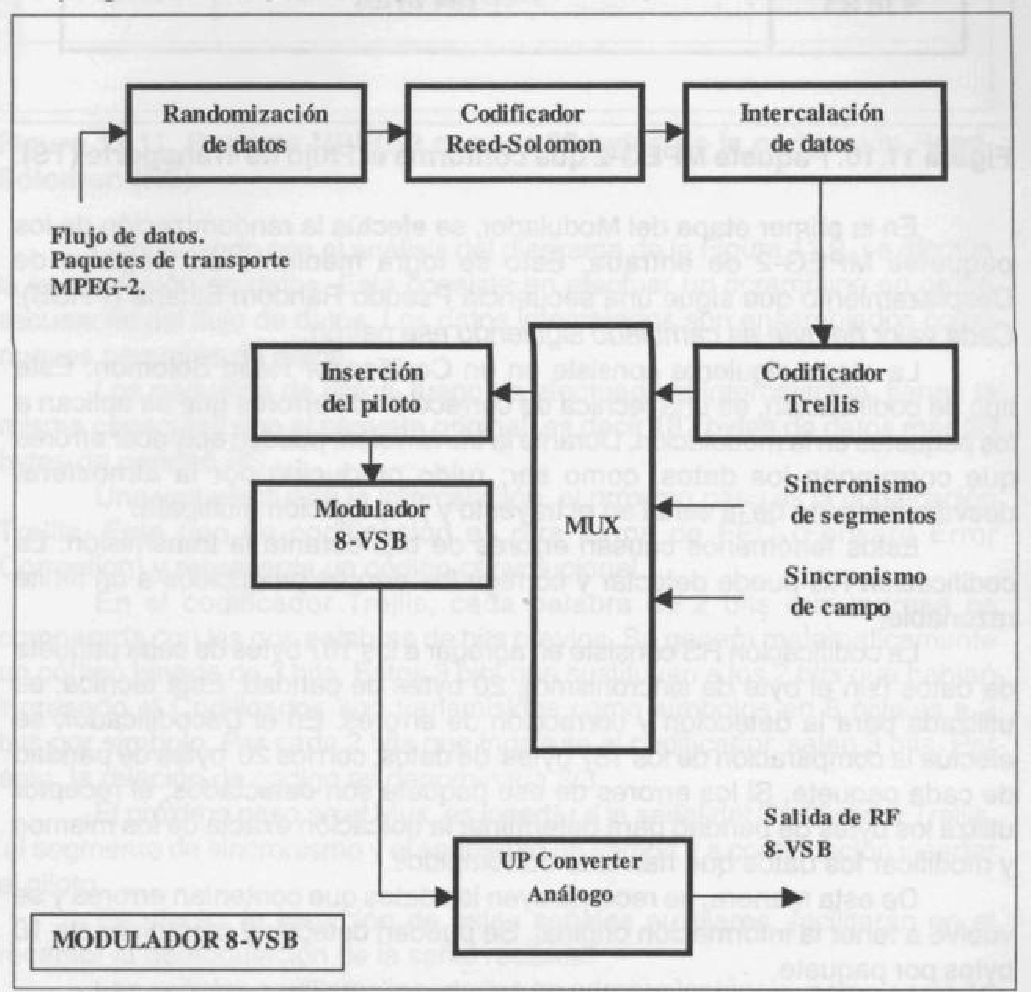


Figura 11.9. Diagrama del exitador 8-VSB.

Reproducida con permiso de Zenith Electronics Corporation.

En la Figura 11.10 se muestra un paquete MPEG-2 del flujo de datos, que ingresa a la entrada del exitador 8-VSB. Cada paquete tiene una cabecera de 4 bytes y 184 bytes de carga útil de datos. La velocidad del flujo de datos a la entrada del exitador es de 19,39 Mbps.

Cabecera 4 bytes	Paquete de datos 184 bytes

Figura 11.10. Paquete MPEG-2 que conforma el Flujo de Transporte (TS).

En la primer etapa del Modulador, se efectúa la randomización de los paquetes MPEG-2 de entrada. Esto se logra mediante un Registro de Desplazamiento que sigue una secuencia Pseudo Random Binaria (PRSB). Cada valor de byte es cambiado siguiendo ese patrón.

La etapa siguiente consiste en un Codificador Reed Solomon. Este tipo de codificación, es una técnica de corrección de errores que se aplican a los paquetes en la modulación. Durante la transmisión, pueden aparecer errores que corrompen los datos, como ser; ruido producido por la atmósfera, desvanecimiento de la señal en el trayecto y propagación multipath.

Estos fenómenos causan errores de bits durante la transmisión. La codificación RS puede detectar y corregir los errores producidos a un límite razonable.

La codificación RS consiste en agregar a los 187 bytes de cada paquete de datos (sin el byte de sincronismo), 20 bytes de paridad. Esta técnica, es utilizada para la detección y corrección de errores. En el Decodificador, se efectúa la comparación de los 187 bytes de datos, con los 20 bytes de paridad de cada paquete. Si los errores de ese paquete son detectados, el receptor utiliza los bytes de paridad para determinar la ubicación exacta de los mismos y modificar los datos que han sido corrompidos.

De esta manera, se reconstruyen los datos que contenían errores y se vuelve a tener la información original. Se pueden detectar y corregir hasta 10 bytes por paquete.

En la Figura 11.11 se muestra un paquete MPEG-2 con los 20 bytes RS de paridad.

La sintáxis de los paquetes empleados en el estándar ATSC es igual a la sintáxis del estándar MPEG-2.

Cabecera 4 bytes	Paquete de datos 184 bytes	Corrección RS -20 bytes

Figura 11.11. Paquete MPEG-2 con los 20 bytes de la corrección Reed-Solomon (RS).

Continuando con el análisis del diagrama de la Figura 11.9, se efectúa la intercalación de datos. Esta consiste en efectuar un scrambling en orden secuencial del flujo de datos. Los datos intercalados son ensamblados como nuevos paquetes de datos.

Los paquetes de datos, luego de efectuada la intercalación, tienen la misma capacidad que el paquete original, es decir 187 bytes de datos más 20 bytes de paridad RS.

Una vez efectuada la intercalación, el próximo paso es la codificación Trellis. Este tipo de codificación es otra forma de FEC (Forward Error Correction) y representa un código convolucional.

En el codificador Trellis, cada palabra de 2 bits que ingresa es comparada con las dos palabras de bits previos. Se genera matematicamente un código binario de 3 bits. Estos 3 bits que sustituyen a los 2 bits que habían ingresado al Codificador, son transmisidos como símbolos en 8 niveles a 3 bits por símbolo. Por cada 2 bits que ingresan al codificador, salen 3 bits. Por esto, la relación de código es denominada 2/3.

El próximo paso en el Mux, es insertar a la señal del Codificador Trellis, el segmento de sincronismo y el segmento de campo y a continuación insertar el piloto.

En efecto, la inserción de estas señales auxiliares, facilitarán en el receptor la demodulación de la señal recibida.

Las señales auxiliares insertadas en primera instancia, como se ve en el diagrama, son el segmento de sincronismo y el sincronismo de campo.

El segmento de datos está conformado por 207 bytes del paquete de datos intercalados. Después de la Codificación Trellis, los 207 bytes se han extendido a 828 simbolos en 8 niveles.

El segmento de sincronismo es un pulso de 4 símbolos que se le agrega al comienzo de cada segmento de datos. Este reemplaza al primer byte de sincronización del paquete original MPEG-2.

El segmento de sincronismo, aparece una vez cada 832 simbolos y siempre toma la forma de un pulso de nivel entre +5 y -5 V.

El segmento de sincronismo recuperado en el receptor, es utilizado para regenerar el clock del sistema y efectuar un muestreo de la señal recibida.

El piloto es aplicado antes de la modulación. Este consiste en un nivel de DC sobre la señal de banda base. El piloto facilita el enganche del PLL en el receptor y es independiente de los datos transmitidos.

En el próximo paso, el flujo de datos con 8 niveles, sincronismos y piloto, modulan en AM a una portadora de FI.

La modulación de AM genera una doble banda lateral. La banda lateral inferior es un espejo de la banda lateral superior.

De acuerdo al teorema de Nyquist, la mitad de la banda puede ser eliminada. La banda lateral inferior es casi suprimida, quedando solo un vestigio de la misma.

11.12 Cuadro de datos VSB.

Para la transmisión, los datos que salen del Mux e ingresan al modulador 8-VSB, son formateados de acuerdo al diagrama de la Figura 11.12.

Cada cuadro de datos consta de dos campos de datos. A su vez cada campo tiene 313 segmentos de datos. Cada uno de estos tiene una duración de 77,3 uSeg. y consta de 832 símbolos.

El primero de los 313 segmentos de cada campo constituye el segmento de sincronización. De esta manera, en un cuadro de datos tenemos dos segmentos de sincronización, una para cada campo de datos y un total de 616 segmentos de datos.

Cada cuadro de datos tiene una duración de 48,4 miliSeg., que corresponden a 24,2 miliSeg. por cada campo de datos.

Como mencionamos al comiento, cada segmento de datos está conformado por 832 simbolos. De este total, 4 símbolos proveen la sincronización de los datos. Nos restan 828 simbolos que transportan 187 bytes más el FEC.

En 8-VSB para DTT, se transportan 3 bits/simbolo. En cambio, en 16-VSB se transportan 4 bits por simbolo.

Como tenemos 828 simbolos de datos, en un segmento de datos para 8-VSB se transportan 2.484 bits de datos.

Los simbolos en 8 niveles, combinados con la sincronización del segmento de datos y de campo, modulan una portadora de FI.

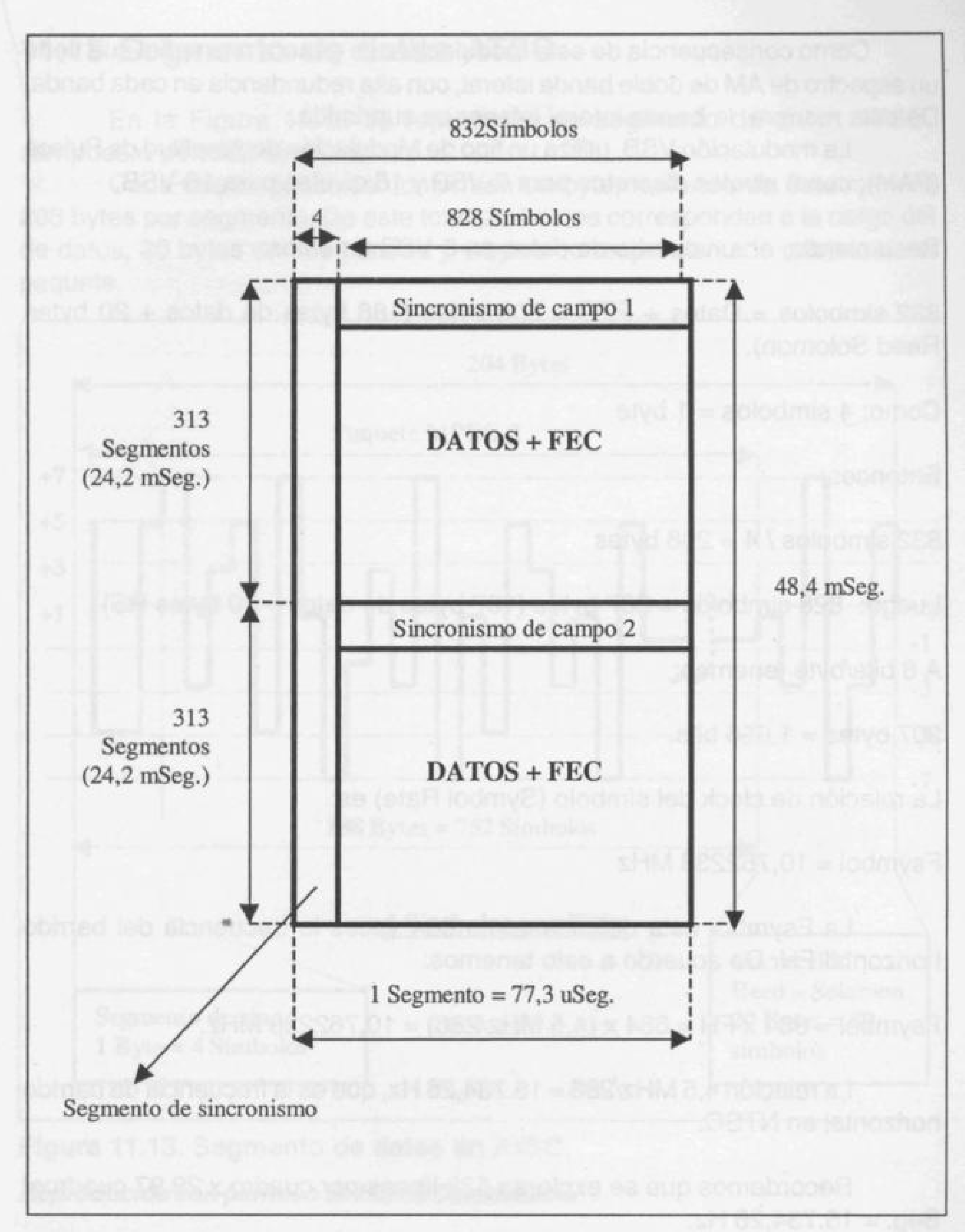


Figura 11.12. Formateo de los datos en VSB.

Reproducida con permiso de Zenith Electronics Corporation.

Como consecuencia de esta modulación, se genera una señal que tiene un espectro de AM de doble banda lateral, con alta redundancia en cada banda. De esta manera, la banda lateral inferior es suprimida.

La modulación VSB, utiliza un tipo de Modulación de Amplitud de Pulsos (PAM), con 8 niveles discretos para 8-VSB y 16 niveles para 16-VSB.

Resumiendo, en un cuadro de datos en 8-VSB tenemos:

832 simbolos = Datos + FEC = 208 bytes (188 bytes de datos + 20 bytes Reed Solomon).

Como; 4 simbolos = 1 byte

Entonces;

832 simbolos / 4 = 208 bytes

Luego: 828 simbolos = 207 bytes (187 bytes de datos + 20 bytes RS).

A 8 bits/byte tenemos;

207 bytes = 1.656 bits.

La relación de clock del símbolo (Symbol Rate) es:

Fsymbol = 10,762238 MHz

La Fsymbol está definida como 684 veces la frecuencia del barrido horizontal FH. De acuerdo a esto tenemos:

Fsymbol = 684 x FH = 684 x (4,5 MHz/286) = 10,762238 MHz.

La relación 4,5 MHz/286 = 15.734,26 Hz, que es la frecuencia de barrido horizontal en NTSC.

Recordemos que se exploran 525 líneas por cuadro x 29,97 cuadros/ Seg. = 15.734,26 Hz.

11.13 Segmento de datos ATSC

En la Figura 11.13 se representa un segmento de datos ATSC, compuesto por 832 símbolos.

Cada cuatro símbolos conforman un byte, teniendo de esta manera 208 bytes por segmento. De este total, 204 bytes corresponden a la carga útil de datos, 20 bytes son de paridad y 4 bytes corresponden a la cabecera del paquete.

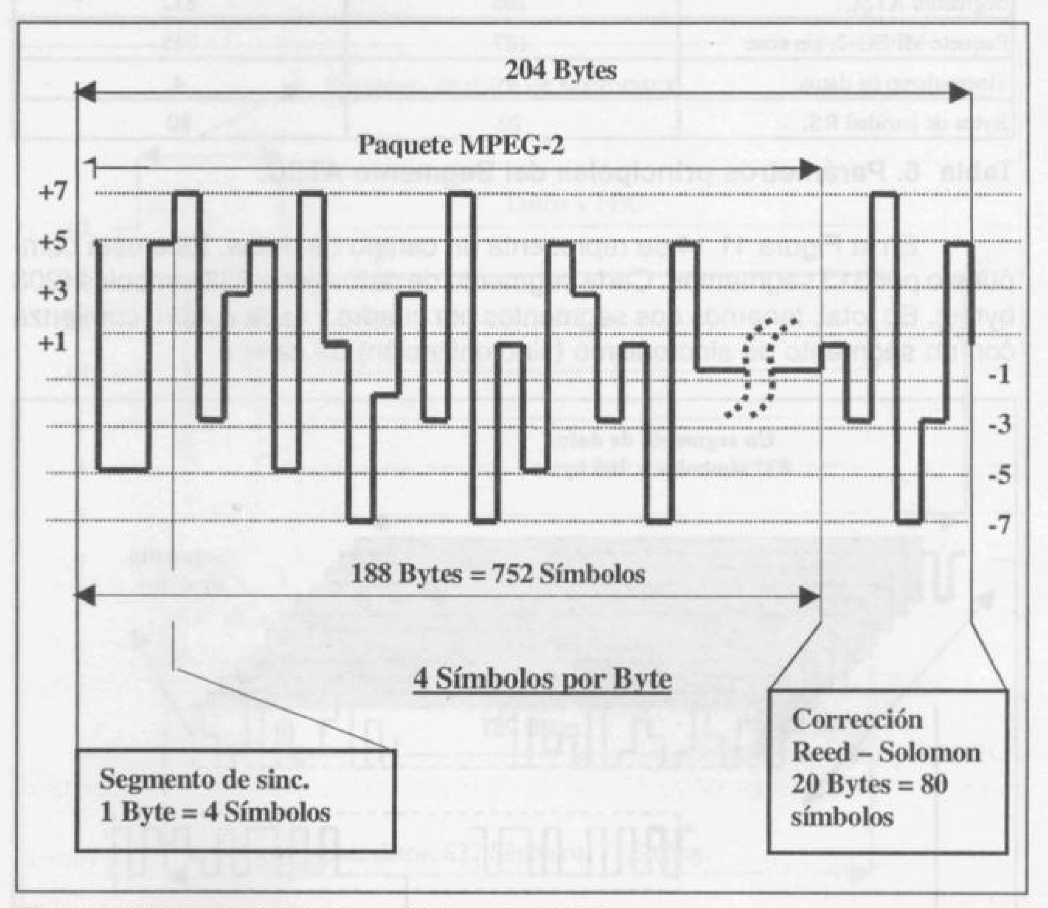


Figura 11.13. Segmento de datos en ATSC.

Reproducida con permiso de Harris Corporation.

Estos bytes, corresponden al paquete completo MPEG-2 más los 20 bytes de corrección Reed Solomon.

El segmento arranca siempre con un byte de sincronismo (1 byte = 4 símbolos). Este siempre tiene un nivel +5, -5, +5.

De los expuesto, los parámetros principales del segmento ATSC se muestran en la Tabla 6.

Parámetro	Bytes	Símbolos
Segmento ATSC.	208	832
Paquete MPEG-2, sin sinc.	187	748
Sincronismo de datos.	1	4
Bytes de paridad RS.	20	80

Tabla 6. Parámetros principales del Segmento ATSC.

En la Figura 11.14 se representa un campo de datos. Este está compuesto por 313 segmentos. Cada segmento de datos tiene 832 símbolos (208 bytes). En total, tenemos dos segmentos por cuadro y cada cuadro comienza con un segmento de sincronismo (sincronización) de campo.

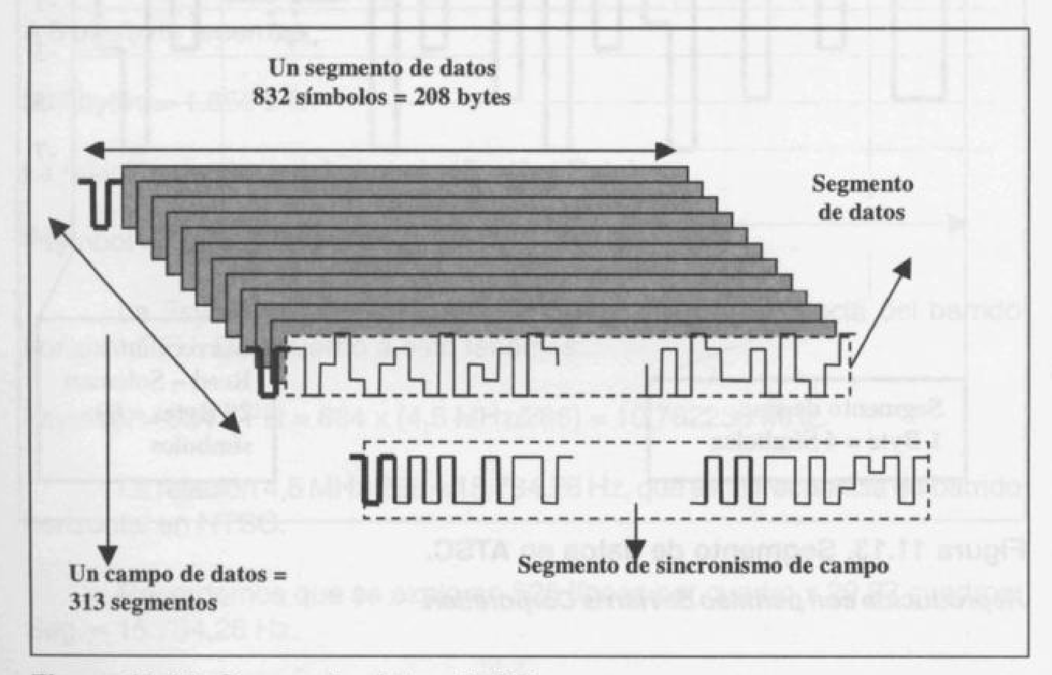


Figura 11.14. Campo de datos ATSC.

Reproducida con permiso de Harris Corporation.

11.14 Formato del segmento de datos en banda base con Codificador Trellis.

El formato del segmento de datos en banda base para 8-VSB, se muestra en la Figura 11.15.

La señal de datos más el FEC (Forward Error Correction), incluyendo el segmento de sincronismo es de 832 símbolos. La duración total es de 77,3 uSeg, mientras que la duración del segmento de sincronismo es de 0,37 uSeg.

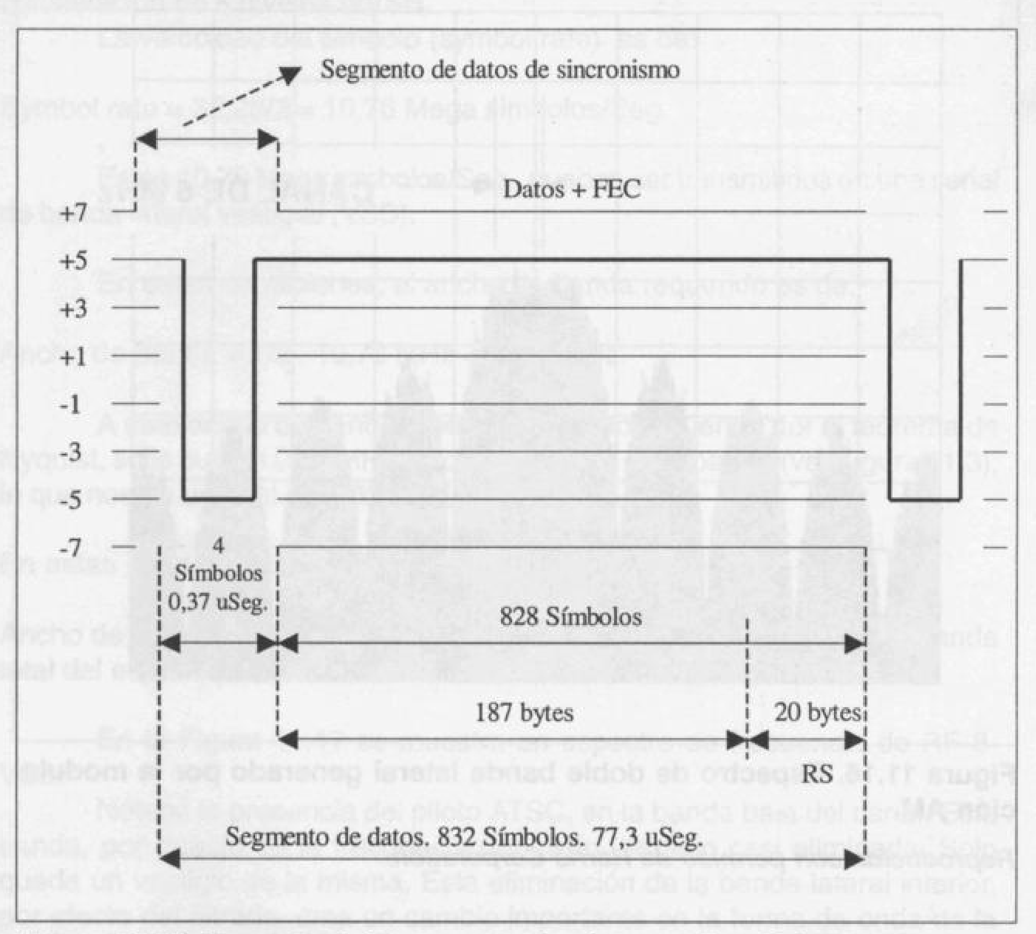


Figura 11.15. Formato del segmento de datos en banda base con Codificador Trellis.

Reproducida con permiso de Zenith Electronics Corporation.

11.15 Modulación de Amplitud (AM).

La señal formada por los 8 niveles en banda base con sus sincronismos y el piloto DC, modulan en amplitud a una portadora de FI.

El efecto de esta modulación genera un espectro de doble banda lateral, ver Figura 11.16.

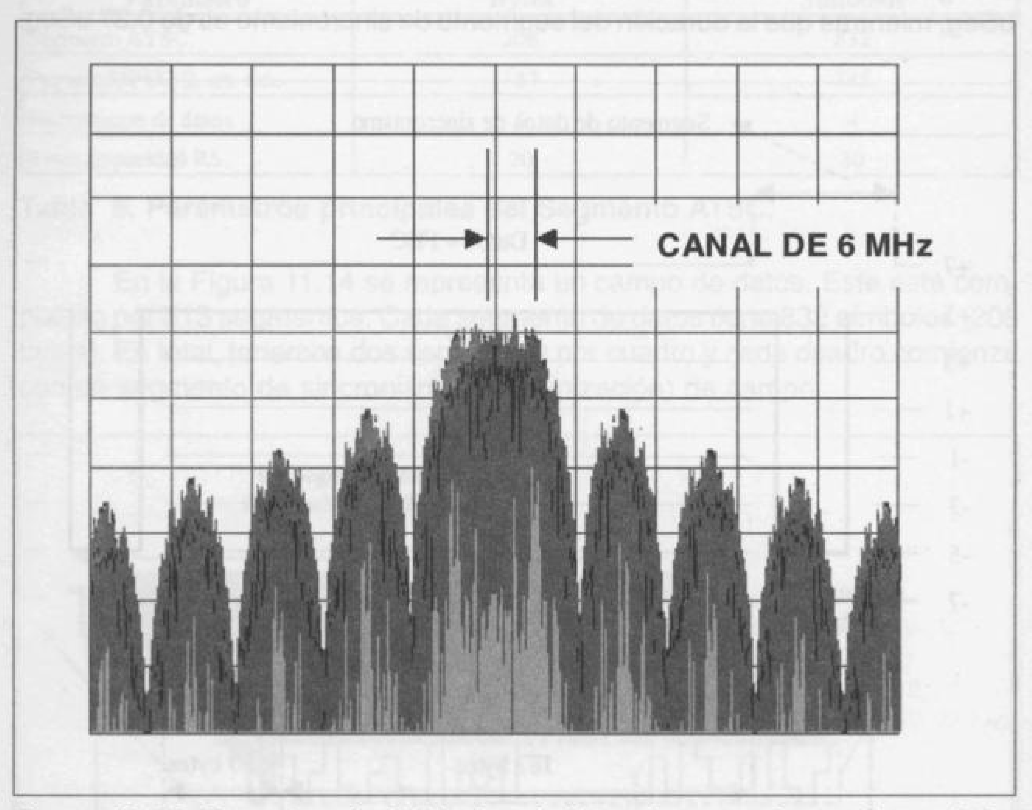


Figura 11.16. Espectro de doble banda lateral generado por la modulación AM.

Reproducida con permiso de Harris Corporation.

En la Figura, podemos observar que en la doble banda lateral, existe un alto grado de redundancia. La banda lateral inferior es un espejo de la banda lateral superior.

De acuerdo a la teoría de Nyquist, para efectuar la transmisión de la señal digital, podemos prescindir de la mitad del espectro.

11.16 Filtro de Nyquist.

Mediante el filtro de Nyquist, podemos eliminar prácticamente la banda lateral inferior.

A la entrada del modulador, teníamos una velocidad binaria del flujo de datos de 19,39 Mbps. Por efecto del FEC y la inserción de los sincronismos, la velocidad binaria a la salida del Codificador Trellis es ahora de 32,28 Mbps.

Como habíamos visto, se transmiten 3 bits por simbolo en la constelación de 8 niveles 8-VSB.

La velocidad del simbolo (symbol rate) es de:

Symbol rate = 32,28/3 = 10,76 Mega simbolos/Seg.

Estos 10,76 Mega simbolos/Seg., pueden ser transmitidos en una señal de banda lateral vestigial (VSB).

En estas condiciones, el ancho de banda requerido es de:

Ancho de Banda = 1/2 . 10,76 MHz = 5,38 MHz.

A este ancho de banda, que es el mínimo requerido por el teorema de Nyquist, se le suman 0,31 MHz en cada extremo de la banda (ver Figura 11.3), lo que nos da un total de 0,620 MHz.

En estas condiciones tenemos:

Ancho de Banda = 5,38 MHz + 0,62 MHz = 6 MHz, que es el ancho de banda total del espectro.

En la Figura 11.17 se muestra un espectro de frecuencia de RF 8-VSB.

Nótese la presencia del piloto ATSC, en la banda baja del canal. Esta banda, por debajo de la frecuencia del piloto, ha sido casi eliminada. Solo queda un vestigio de la misma. Esta eliminación de la banda lateral inferior, por efecto del filtrado, crea un cambio importante en la forma de onda de la señal de RF transmitida.

La eliminación de la banda lateral inferior, se efectúa mediante un filtro de banda angosta, denominado filtro de Nyquist.

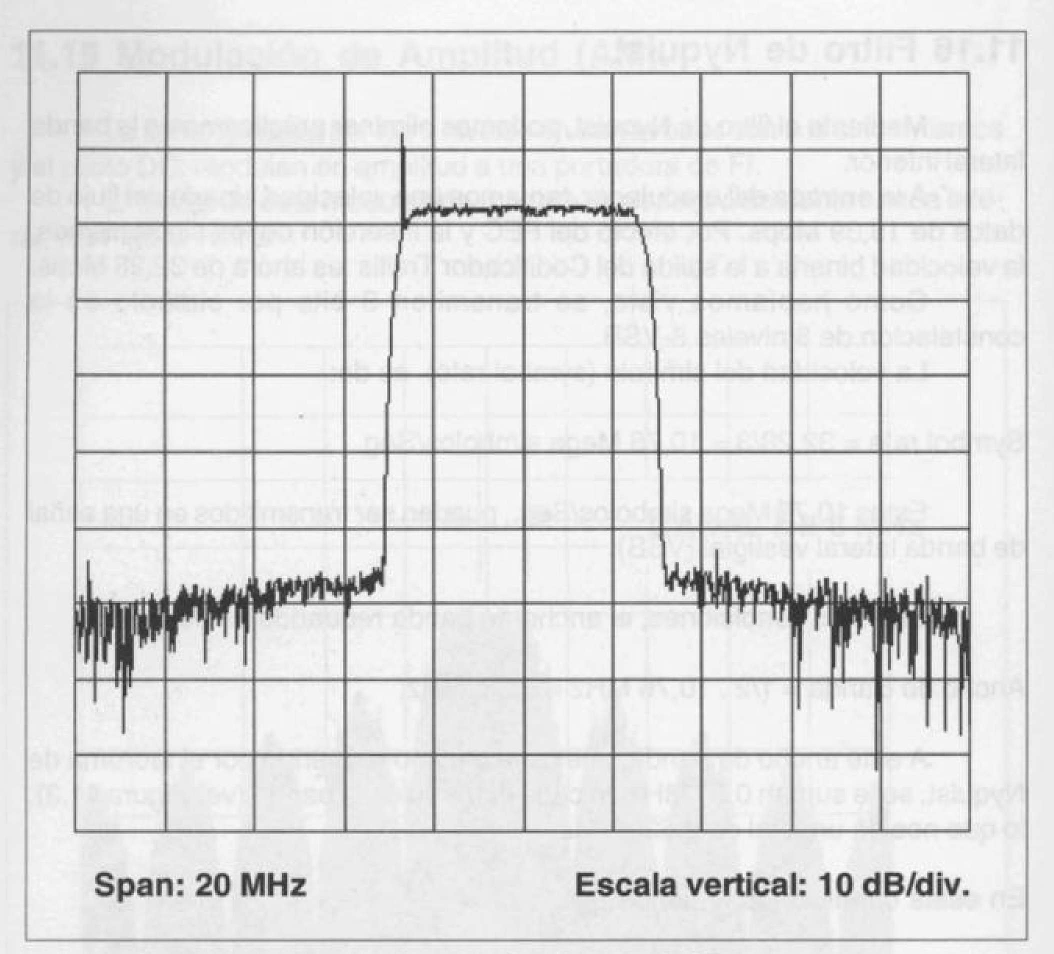


Figura 11.17. Espectro de frecuencia de RF 8-VSB.

Reproducida con permiso de Harris Corporation.

Nota: El span asigna la cantidad de MHz por división horizontal.

En la Figura 11.18 se muestra el efecto del filtrado de Nyquist, sobre la envolvente de FI 8-VSB. Aquí, podemos apreciar en la forma de onda gris (arriba), la envolvente de FI de doble banda lateral antes de filtro.

En la forma de onda negra (abajo), de la misma Figura, podemos observar la misma señal de FI despues del filtrado de Nyquist.

Por efecto del filtro la forma de onda de la señal sufre cambios. Las transiciones de la señal se pierden y la envolvente adquiere una forma como si fuera de ruido.

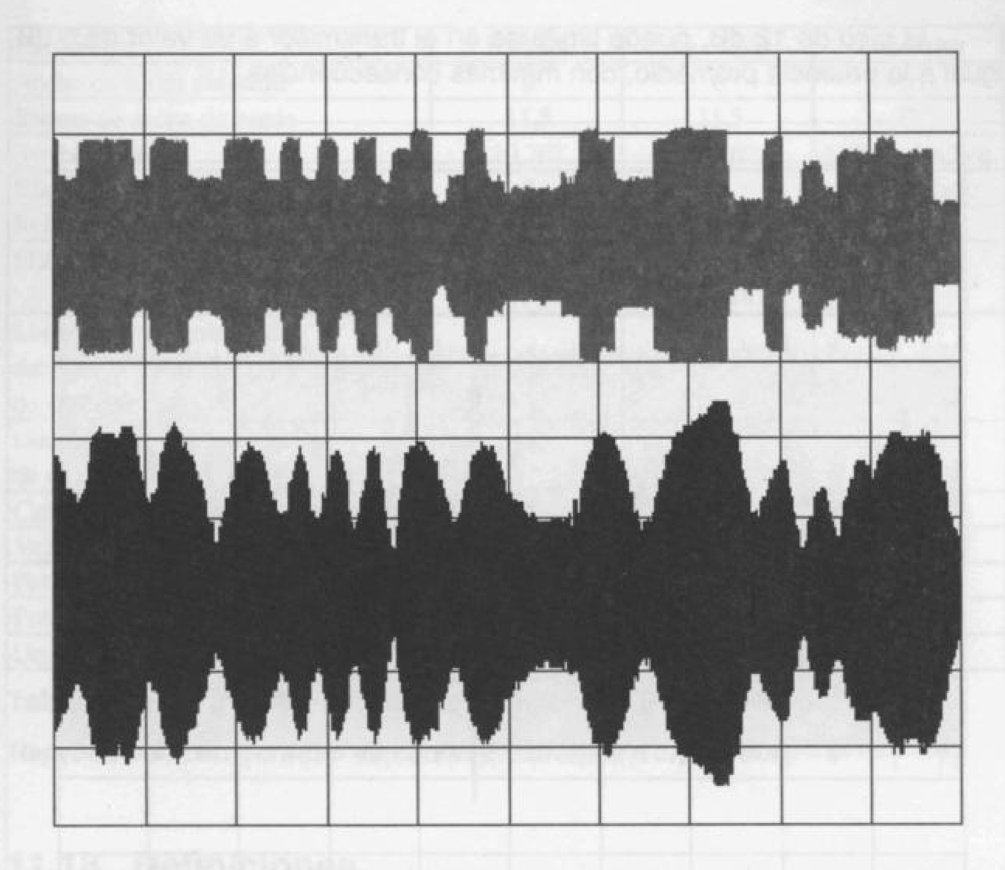


Figura 11.18. Efecto del filtro de Nyquist sobre la envolvente de FI 8-VSB.

Reproducida con permiso de Harris Corporation.

En televisión analógica, la potencia del transmisor varía de acuerdo al tipo de escena de la imagen. La máximo potencia (pico), corresponde al nivel de negro. En Televisión Digital (DTV), la potencia de transmisión promedio se mantiene constante. Este valor es de aproximadamente 6 dB.

En la Figura 11.19, se representa la forma de onda de la señal de RF 8-VSB modulada en amplitud, a la salida del exitador. Esta es la señal que se transmite.

Podemos observar, que a pesar de que en la forma de onda de la Figura hay un pico máximo que tiene aproximadamente 12 dB, la potencia promedio se mantiene constante en 6 dB.

El pico de 12 dB, puede limitarse en el transmisor a un valor de 6 dB, igual a la potencia promedio, con mínimas consecuencias.

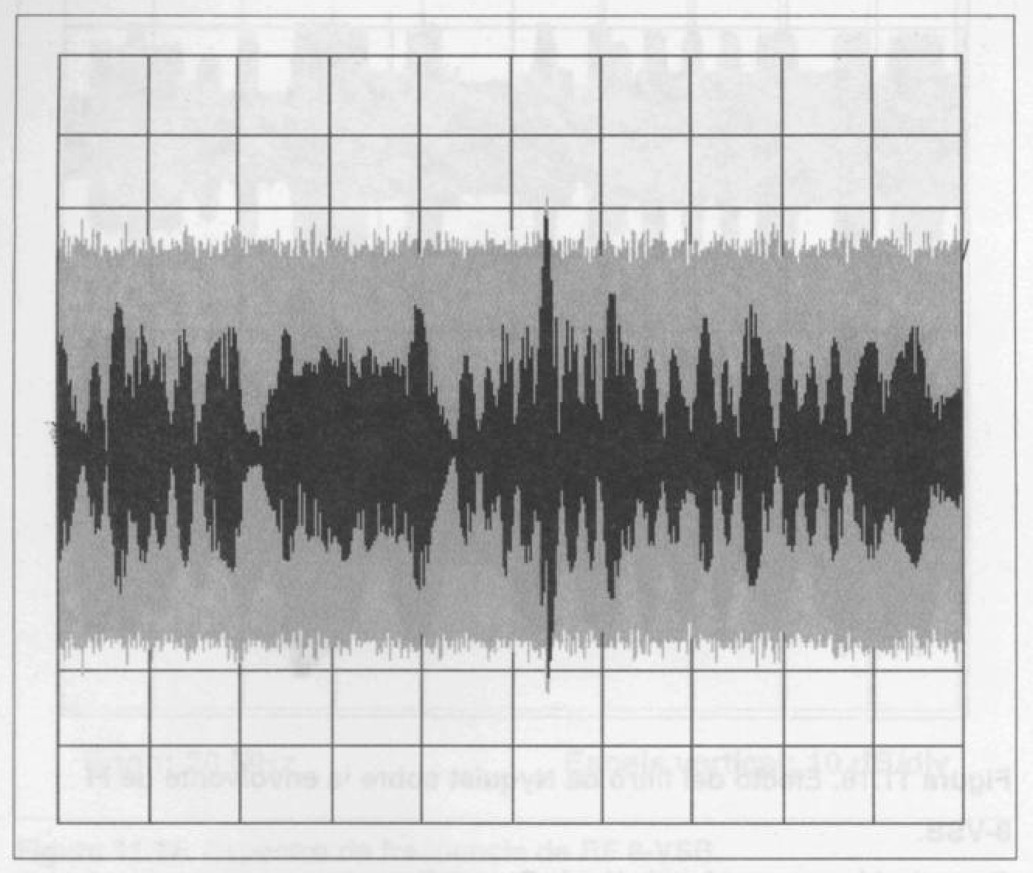


Figura 11.19. Señal de RF 8-VSB a la salida del exitador.

Reproducida con permiso de Harris Corporation.

11.17 Características del sistema de modulación 8- VSB y 16-VSB.

En la Tabla 7 se muestran las características principales de la modulación 8-VSB, con Codificación Trellis para DTT y la modulación 16-VSB sin Codificación Trellis, para Televisión Digital por Cable.

Parámetro	8 -VSB	16 - VSB	Unidades
Ancho de banda del canal	6	6	MHz
Exceso de ancho de banda	11,5	11,5	%
Symbol Rate	10,762	10,762	MSimbolos/Seg.
Eficiencia del ancho de banda	3	4	Bits/Símbolo
Relación de codif. Trellis	.2/3	----	----
FEC (Reed Solomon)	T=10 (207, 187)	T=10 (207, 187)	----
Longitud del segmento de datos incluyendo el segmento de sincronismo	832	832	Símbolos
Duración del segmento de sincronismo	4	4	Símbolos
Ciclo del sincronismo de cuadro	1/313	1/313	Segmentos
Velocidad de datos	19,39	38,78	Mbit/Seg.
Potencia del piloto	0,3	0,3	dB
Potencia de pico promedio, (99,9%)	6,3	6,4	dB
Umbral C/N	15	28,5	dB

Tabla 7. Características de la modulación 8-VSB y 16-VSB.

Reproducida con permiso de Zenith Electronics Corporation.

11.18 Definiciones.

Ancho de banda del canal: Es el ancho de banda que ocupa el espectro normalizado en 6 MHz, en las normas M y N.

FEC. Reed - Solomon: Se refiere a los 20 bytes de paridad que se agregan al final de cada paquete de 187 bytes de datos. En el FEC de la Tabla 7, T=10 significa que con la corrección Reed Solomon se pueden detectar y corregir hasta 10 bytes por cada paquete. El número 207, se refiere a la cantidad de bytes del paquete de datos incluído el FEC, sin el byte de sincronismo. El número 187, se refiere a la cantidad de bytes de datos que tiene el paquete.

Longitud del segmento de datos (incluyendo el sinc): La longitud total del paquete de datos es de 832 símbolos. De este total, 828 símbolos corresponden a los datos más el FEC y 4 símbolos corresponden al segmento de sincronismo.

Duración del segmento de sincronismo: El sincronismo del paquete MPEG-2 tiene 1 byte de capacidad y el segmento de sincronismo en ATSC tiene 4 símbolos.

Velocidad de datos: Es la velocidad total de los datos modulados. En 8-VSB esta velocidad es de 19,39 Mbps y corresponde a la velocidad final del Flujo de Transporte ya modulado. Esta velocidad es fija y no se puede variar.

Potencia del Piloto: El piloto consume 0,3 dB de la potencia del transmisor, o lo que es lo mismo un 7% de la potencia total transmitida.

Capítulo 12

Estándar DVB-T

12

ESTANDAR DVB-T

12.1 Introducción.

El grupo DVB (Digital Video Broadcasting), está conformado por más de 300 miembros entre fabricantes y Broadcasters de más de 30 países.

Esta organización, tiene desarrollados más de 50 estándares para distintas aplicaciones, entre los cuales figuran los relacionados a televisión para Sistemas Digitales de Satélite, Cable, Televisión Terrestre, Redes de Microondas, ATM y otras aplicaciones.

Actualmente, el grupo DVB ha implementado un nuevo estándar de multimedia de datos, que es el MHP (Main Home Platform). Con esta plataforma, se ha entrado en una nueva fase de datos broadcasting e interactividad, ampliando aún más el espectro de oportunidades en el campo multimedia y de datos.

12.2 Estándares DVB.

De los múltiples estándares DVB existentes, mencionaremos los que más se utilizan en televisión;

- DVB-S. Estándar para Sistemas Digitales de Satélite.
- DVB-C. Estándar para Sistemas Digitales de Cable.
- DVB-T. Estándar para Televisión Digital Terrestre.

La diferencia fundamental, que distingue a cada uno de estos estándares, es su sistema de modulación. En la Figura 12.1 se representa

un diagrama, con los distintos tipos de modulación empleados y sus aplicaciones.

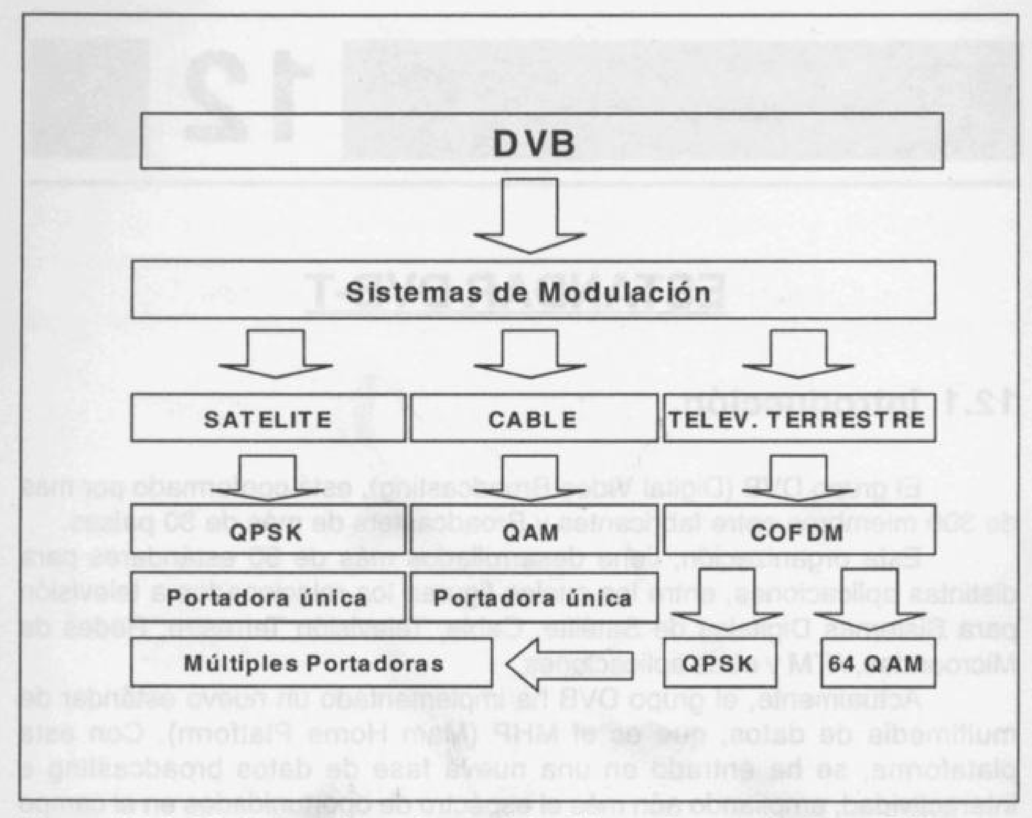


Figura 12.1. Distintos tipos de modulación en los estándares DVB.

El estándar digital de servicios de Satélite (DVB-S), ampliamente utilizado en todo el mundo, emplea la modulación QPSK (Quaternary Phase Shift Keying), Transmisión por Desplazamiento de Fase Cuaternaria. Este sistema de modulación es de una sola portadora.

El estándar digital de sistemas de Cable (DVB-C), utiliza la modulación QAM (Quadratura Amplitude Modulation) Modulación de Amplitud en Cuadratura, también de portadora única.

El estándar para sistemas de Televisión Digital Terrestre, emplea la modulación COFDM (Codec Orthogonal Frecuency Division Multiplex) Múltiplex por División de Frecuencia de Portadoras Ortogonales Codificadas. Este tipo de modulación emplea múltiples portadoras y cada una de ellas es modulada en QPSK ó 64 QAM.

12.3 Estándar DVB-T.

El estándar de Televisión Digital Terrestre (DVB-T), se está implementando en Europa y ha sido adoptado además por Australia, Singapur y otros países.

Básicamente, este estándar tiene las siguientes características, ver Figura 12.2.

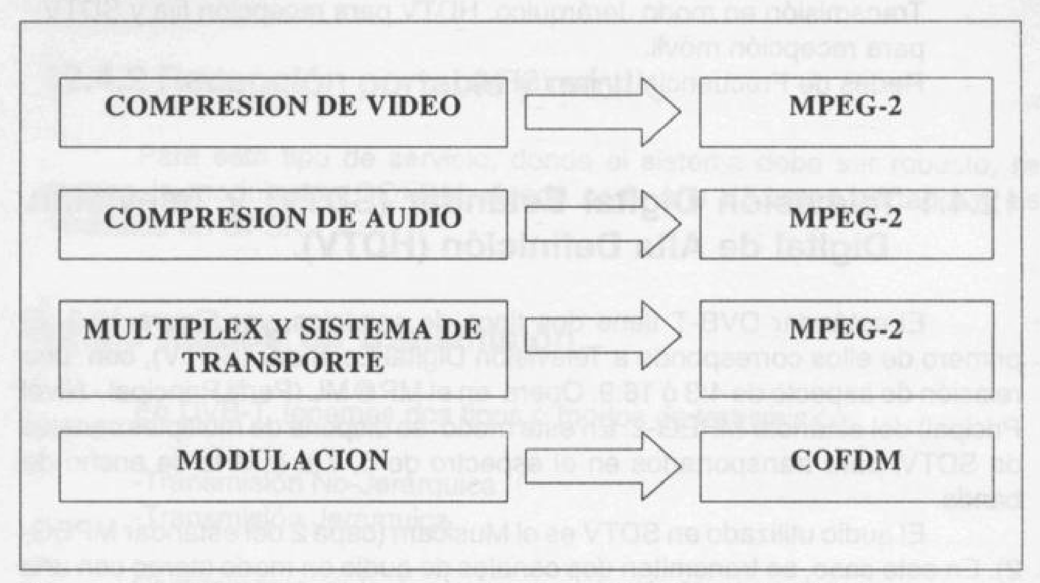


Figura 12.2. Características principales del estándar DVB-T.

La compresión de video empleada es MPEG-2, de acuerdo a las especificaciones de la norma ISO/IEC 13.818-2.

El audio se comprime de acuerdo al estándar MPEG-2, norma ISO/IEC 13.818-3.

El protocolo de los paquetes de datos, Múltiplex y Sistema de Transporte es MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13.818-1.

El sistema de modulación empleado en la transmisión es COFDM de múltiples portadoras.

Respecto del audio, el grupo DVB adoptó también el sistema de compresión Dolby AC-3, que fue desarrollado por Dolby Laboratories de USA. Este sistema de compresión de audio es el utilizado por el estándar ATSC.

A manera de ejemplo, Australia adoptó el estándar DVB-T para video, pero el sistema de compresión de audio que ha adoptado ha sido el Dolby AC-3.

12.4 Facilidades del estándar DVB-T.

El estándar para Televisión Digital Terrestre DVB-T opera con:

- Televisión Digital Estándar (SDTV) y Televisión Digital de Alta Definición (HDTV).
- Recepción portable y móvil, solamente para SDTV.
- Transmisión en modo Jerárquico. HDTV para recepción fija y SDTV para recepción móvil.
- Redes de Frecuencia Unica (SFN).

12.4.1 Televisión Digital Estándar (SDTV) y Televisión Digital de Alta Definición (HDTV).

El estándar DVB-T tiene dos tipos de servicios, ver Figura 12.3. El primero de ellos corresponde a Televisión Digital Estándar (SDTV), con una relación de aspecto de 4:3 ó 16:9. Opera en el MP@ML (Perfil Principal - Nivel Pricipal) del estándar MPEG-2. En este modo se dispone de múltiples canales de SDTV, para transportarlos en el espectro de 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda.

El audio utilizado en SDTV es el Musicam (capa 2 del estándar MPEG-2). En este caso, se transmiten dos canales de audio en modo stereo con una velocidad binaria por canal de 128 Kbps.

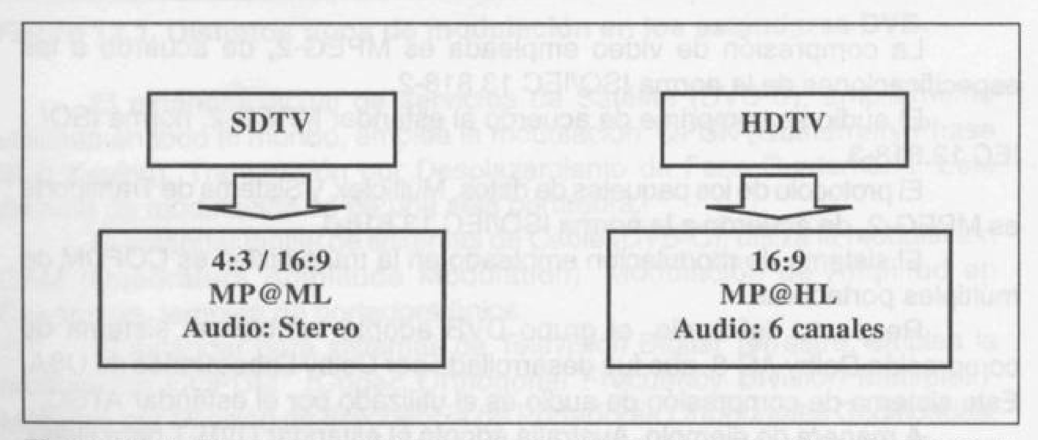


Figura 12.3. Tipos de servicios que se transmiten en DVB-T para 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda del canal.

En Televisión de Alta Definición (HDTV), se opera en el MP@HL (Perfil Principal – Nivel Alto) del estándar MPEG-2. El audio está conformado por seis canales comprimidos en el estándar MPEG-2. También se está utilizando el sistema de compresión de audio Dolby AC-3.

Para la emisión de mútiples programas de SDTV o un programa de HDTV, se emplea la modulación COFDM de múltiples portadoras, donde cada una de ellas es modulada en 64 QAM.

12.4.2 Recepción portable y móvil.

Para este tipo de servicio, donde el sistema debe ser robusto, se emplea la modulación COFDM, donde cada una de estas portadoras es modulada en QPSK.

12.4.3 Modos de transmisión.

En DVB-T, tenemos dos tipos o modos de transmisión;

-Transmisión No-Jerárquica.
-Transmisión Jerárquica.

Comúnmente, se lo denomina modulación No-Jerárquica y Jerárquica. A continuación, analizaremos cada una de ellas.

12.4.3.1 Transmisión No-Jerárquica.

En este modo, se transmite un flujo de datos de aproximadamente 19,6 Mbps, en un espectro de 6 MHz de ancho de banda. Este flujo puede transportar un programa de HDTV con sus audios y datos asociados ó en su defecto varios programas de SDTV, también cada uno de ellos con sus audios y datos asociados.

En la Figura 12.4 se muestra a manera de ejemplo, la capacidad de programas que se pueden transportar a 19,6 Mbps. Los primeros dos programas se transportan a 6 Mbps cada uno, el tercero y cuarto programas son transportados a 4 y 3,6 Mbps respectivamente.

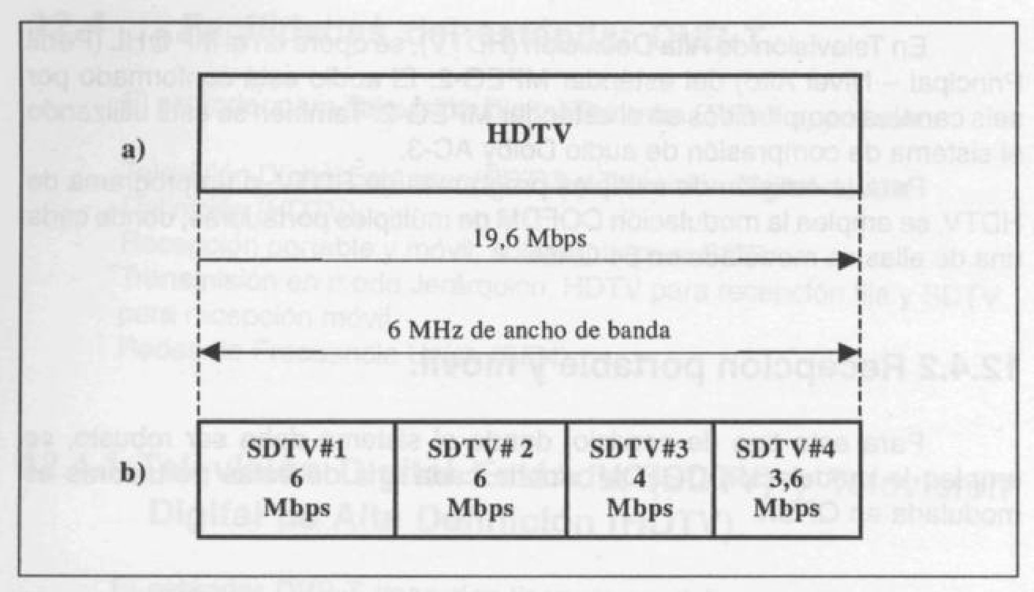


Figura 12.4. Capacidad de programas a transportar en modo No-Jerárquico.

A manera de ejemplo, en la Tabla 1 se representan los parámetros principales a utilizar, para cada uno de los ejemplos citados.

	HDTV	SDTV
Modo	8k	8k
Modulac. de cada portadora	64 QAM	64 QAM
FEC	(3/4)	(3/4)
Intervalo de guarda	(1/16)	(1/16)

Tabla 1. Parámetros principales para HDTV y SDTV en modo de Transmisión No-Jerárquica.

12.4.3.2 Transmisión Jerárquica.

Esta transmisión, consiste en el transporte de dos flujos de datos, combinados en uno solo. Cada uno de estos flujos, tiene una modulación diferente dentro del sistema COFDM.

La transmisión Jerárquica es utilizada para emitir un programa de HDTV para recepción fija y un programa de SDTV para recepción móvil, en un

solo flujo de datos. En este caso, el programa de HDTV se transporta con una velocidad mayor y el programa de SDTV con una velocidad menor.

Al flujo de más alta velocidad binaria, se lo denomina LP (Low priority) y al flujo de más baja velocidad, se lo denomina HP (High Priority).

El HP que es el flujo de alta prioridad, se lo utiliza para recepción móvil. Este debe tener una modulación robusta. Por ello, cada portadora del COFDM es modulada en QPSK.

El LP que es el flujo de baja prioridad, es utilizado para recepción fija. En este caso, no interesa tanto la robustez. Por ello cada portadora del COFDM es modulada en 64 QAM.

En la Figura 12.5 se muestra un diagrama de operación en modo Jerárquico.

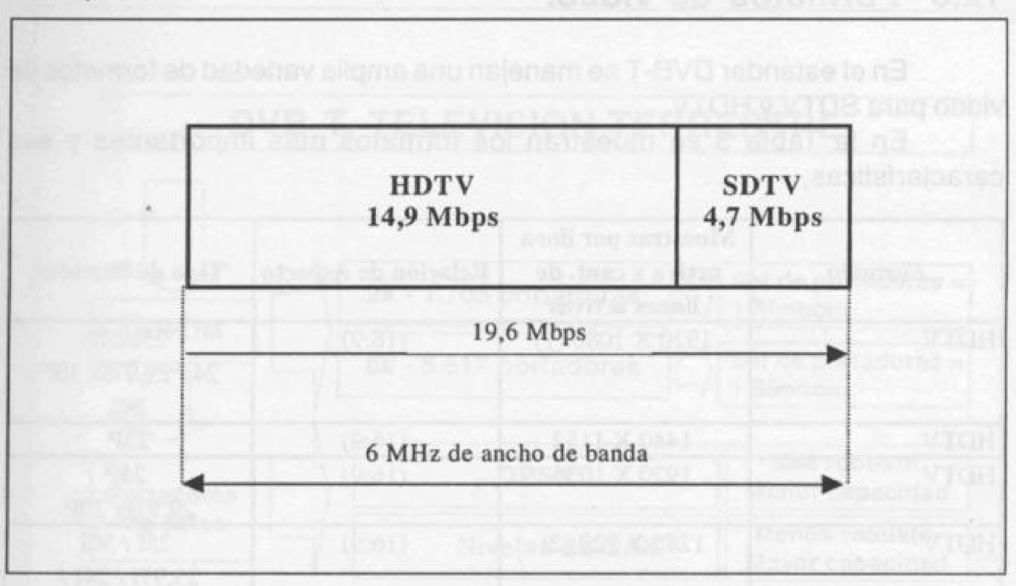


Figura 12.5. Capacidad de programas a transportar en modo Jerárquico.

Siempre a manera de ejemplo, en la Figura 12.5 vemos que el flujo de HDTV tiene una velocidad binaria de 14,9 Mbps, mientras que el flujo de SDTV para recepción móvil, tiene una velocidad binaria de 4,7 Mbps.

El flujo de HDTV tiene un formato 720p (1280 muestras por línea activa x 720 líneas activas). El flujo de SDTV tiene un formato de 575 líneas con barrido entrelazado.

En la Tabla 2 se muestran las características principales para este tipo de transmisión.

	HDTV- RX Fija	SDTV – RX Móvil
Tipo de stream	LP	HP
Modo	8k	8k
Modulación de c/portadora	64 QAM	QPSK
FEC	(5/6)	(1/2)
Intervalo de guarda	(1/8)	(1/8)

Tabla 2. Parámetros principales para Transmisión Jerárquica.

12.5 Formatos de video.

En el estándar DVB-T se manejan una amplia variedad de formatos de video para SDTV y HDTV.

En la Tabla 3 se muestran los formatos más importantes y sus características.

Formato	Muestras por línea activa x cant. de líneas activas	Relación de Aspecto	Tipo de barrido*
HDTV	1920 X 1080 (1)	(16:9)	25I/25P 24 / 29,97P/ 30P 30I
HDTV	1440 X 1152	(16:9)	25P
HDTV	1920 X 1035	(16:9)	25P 29,97P/ 30P
HDTV	1280 X 720 (2)	(16:9)	25I / 50I 23,97I / 24I / 29,97I 30I / 59,94I / 60I
SDTV	720 X 576	(4:3) /(16:9)	50I / 25I 25P
SDTV	544 X 576	(4:3) /(16:9)	25I/25P

Tabla 3. Formatos más comunes en SDTV y HDTV del estándar DVB-T.
Reproducida con permiso de DVB Project Office.

* I: (Interlace). Entrelazado. - P: (Progressive). Progresivo.
(1) Denominado 1080i. (2) Denominado 720p.

12.6 Características de la modulación COFDM.

El estándar DVB-T emplea la modulación COFDM de múltiples portadoras. En este tipo de modulación, existen dos modos de operación posibles;

- Modo 2k = 1.705 portadoras
- Modo 8k = 6.817 portadoras

Cada uno de estos modos representa un set de portadoras. A este set se lo denomina símbolo, ver Figura 12.6.

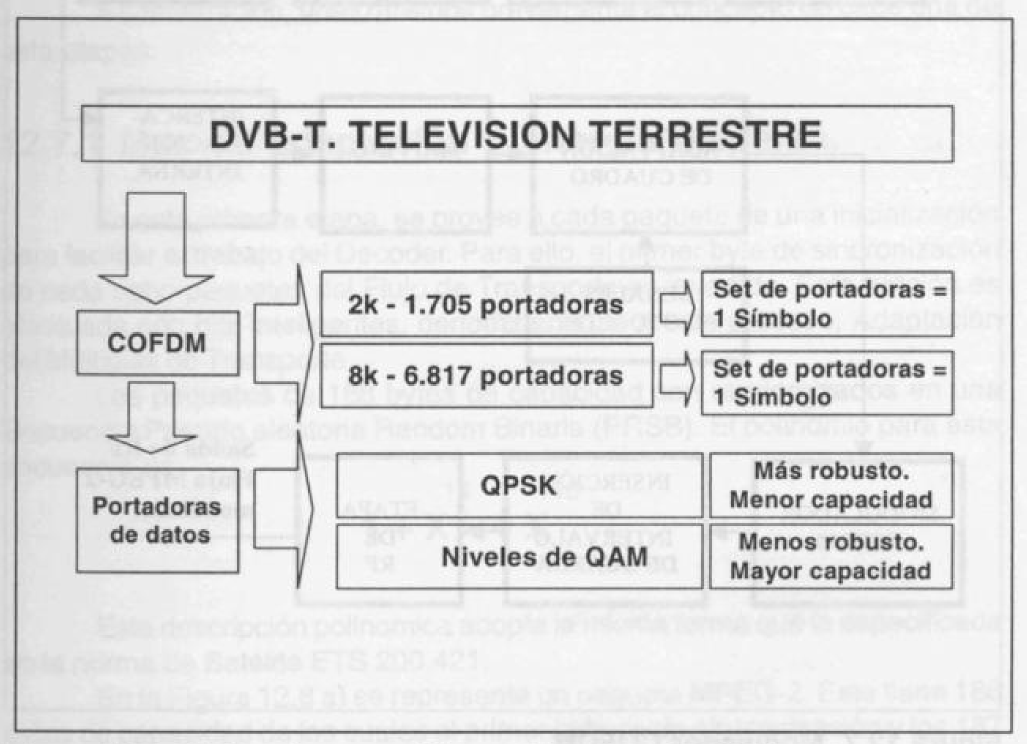


Figura 12.6. Modos de operación en 2k y 8k en COFDM.

12.7 Sistema de modulación COFDM.

En la Figura 12.7 se representa el diagrama de bloques de un Modulador COFDM.

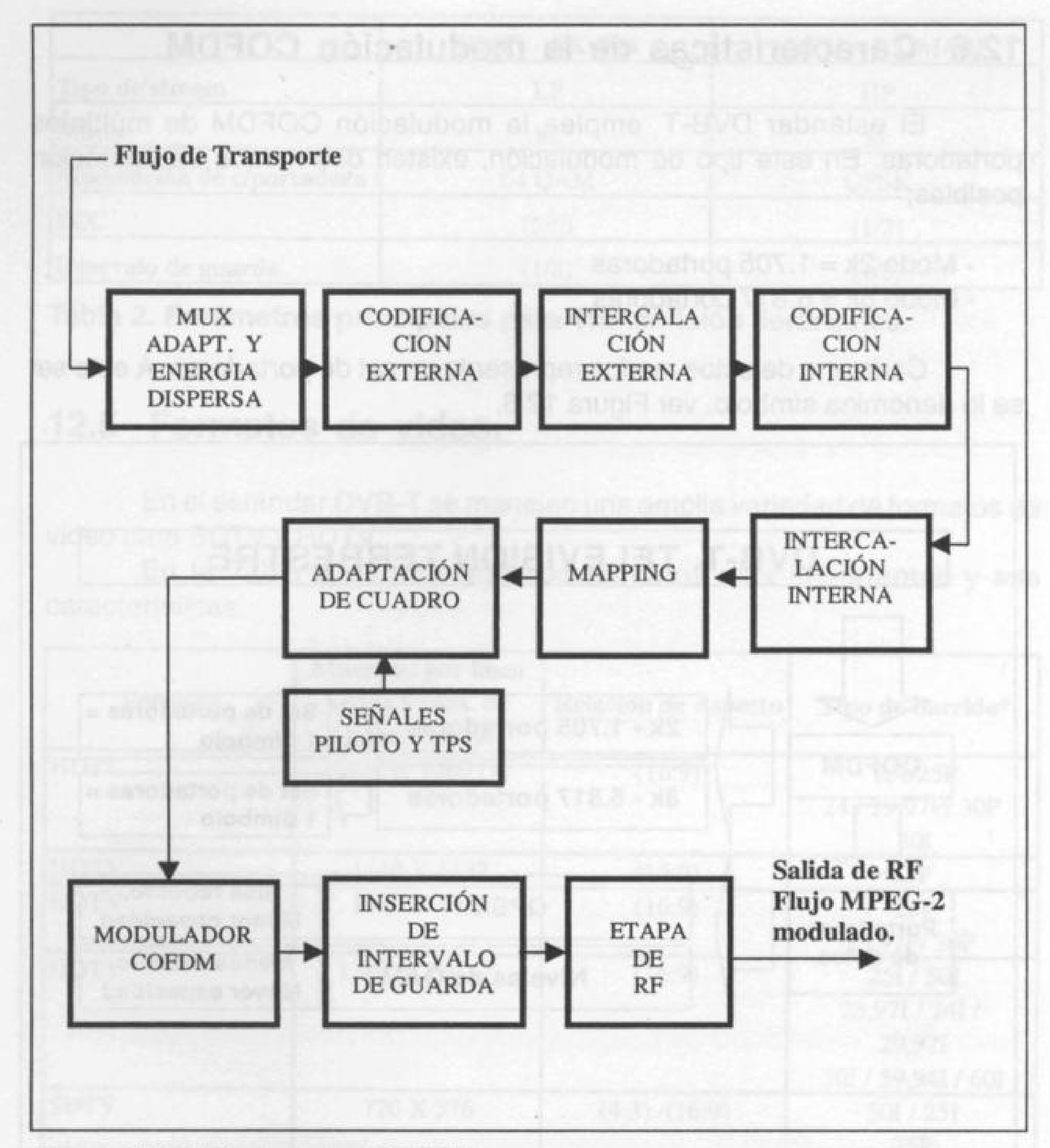


Figura 12.7. Modulador COFDM.

Reproducida con permiso de DVB Project Office.

La secuencia de los distintos procesos en el Modulador ó exitador, es la siguiente;

a) Mux de adaptación y energía dispersa.
b Codificación externa.
c) Intercalación externa.
d) Codificación interna.
e) Intercalación interna.
f) Mapping.
g) Adaptación de cuadro e inserción de pilotos y señales TPS.
h) OFDM
i) Inserción de intervalos de guarda.
j) Etapa de RF.

A continuación, analizaremos brevemente el concepto de cada una de esta etapas.

12.7.1 Mux de adaptación y energía dispersa.

En esta primera etapa, se provee a cada paquete de una inicialización para facilitar el trabajo del Decoder. Para ello, el primer byte de sincronización de cada ocho paquetes del Flujo de Transporte es invertido. Esta función es efectuada con bits inteligentes, denominándose a este proceso, Adaptación del Múltiplex de Transporte.

Los paquetes de 188 bytes de capacidad son randomizados en una Secuencia Pseudo aleatoria Random Binaria (PRSB). El polinomio para esta secuencia es:

$$1 + X^{14} + X^{15}$$

Esta descripción polinomica adopta la misma forma que la especificada en la norma de Satélite ETS 200 421.

En la Figura 12.8 a) se representa un paquete MPEG-2. Este tiene 188 bytes de capacidad de los cuales el primer byte es de sincronización y los 187 bytes restantes corresponden a la carga útil de datos.

En la parte b) de la misma Figura, se representa la adaptación del Múltiplex de Transporte. Aquí podemos apreciar que en el paquete MPEG-2 número uno, se invierte el primer byte (sincronización) y luego se vuelve a invertir nuevamente en el paquete número nueve. La randomización de acuerdo a la secuencia PRSB, se realiza en los ocho paquetes menos en el primer byte. Esto corresponde a un total de 1.503 bytes randomizados.

A continuación, se invierte el primer byte del paquete número nueve y se randomizan 1.503 bytes más, o sea ocho paquetes de 188 bytes cada uno, menos el primer byte.

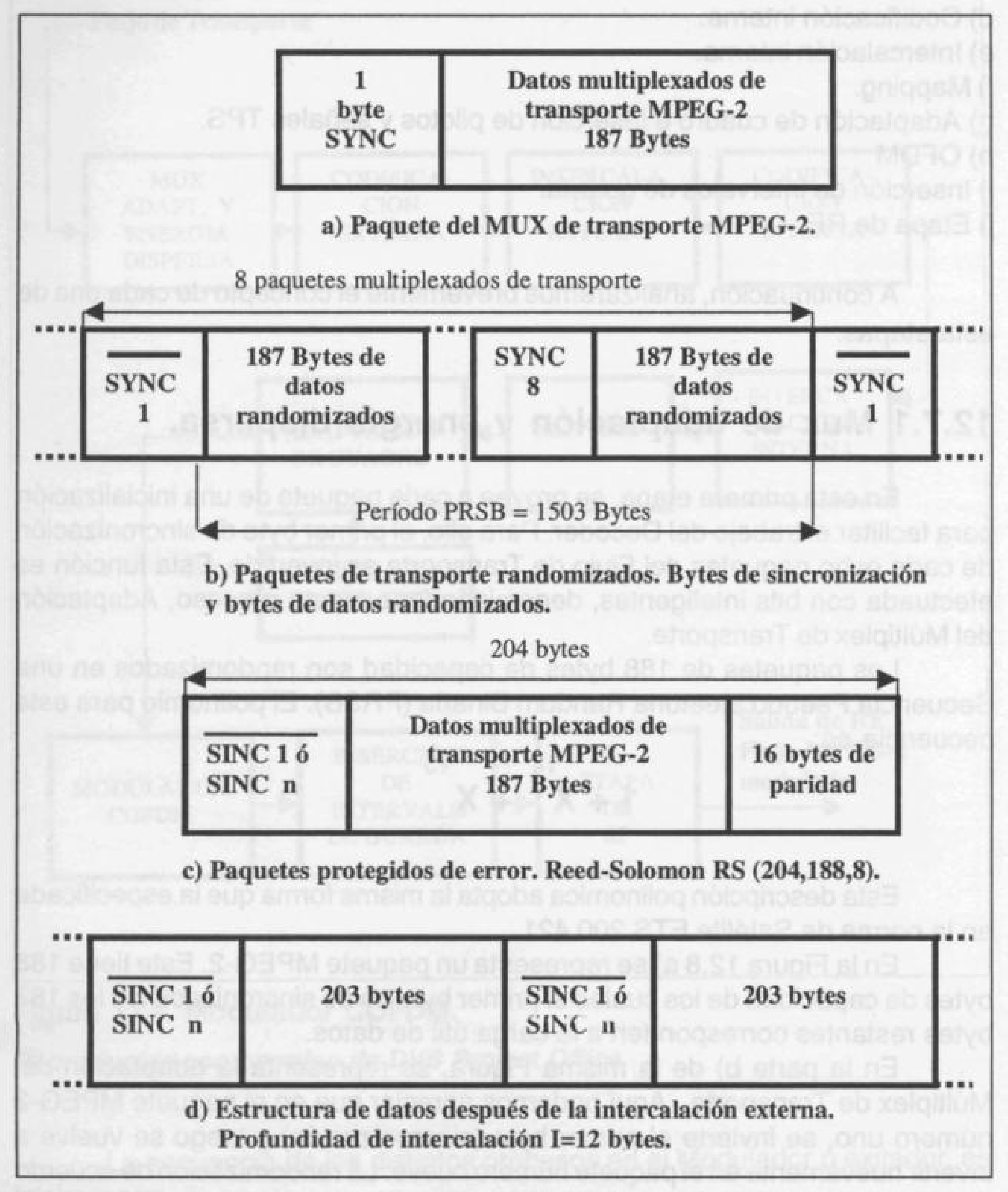


Figura 12.8. Paquetes de transporte MPEG-2 randomizados.
Reproducida con permiso de DVB Project Office.

En la parte c) de la Figura 12.8 se representa una paquete completo de 204 bytes. Este incluye un byte de sincronización invertido, 187 bytes de datos randomizados y 16 bytes de paridad. En la parte d) de la misma Figura, se muestra la estructura de datos del paquete completo, despues de la intercalación externa.

En la Figura 12.9, se representa un esquema simple de la randomización de la secuencia PRSB.

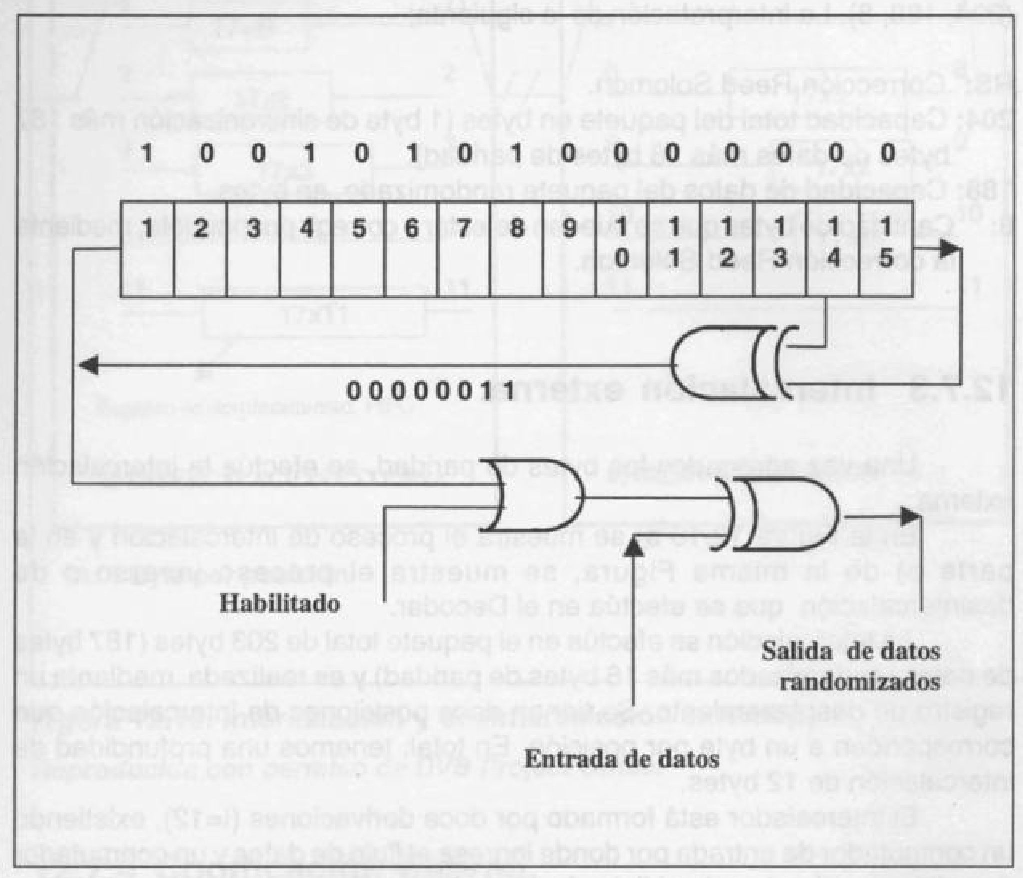


Figura 12.9. Diagrama esquemático de un Scrambler/Descrambler.
Reproducida con permiso de DVB Project Office.

La secuencia de carga del registro se inicia cada 8 paquetes MPEG-2 de 188 bytes cada uno. La carga se inicia con la secuencia 100101010000000.

Luego del byte de sincronización, el primer bit a la salida del registro es aplicado al primer bit (MSB) del primer byte.

12.7.2 Codificación externa.

A los paquetes randomizados de 188 bytes, se le aplica la corrección Reed Solomon (RS). Al final de cada paquete se agregan 16 bytes de paridad, a efectos de detectar y corregir errores. En la Figura 12.8 c) y d) se muestran estos paquetes.

Cada paquete está constituido por 204 bytes y se lo denomina RS (204, 188, 8). La interpretación es la siguiente;

RS: Corrección Reed Solomon.
204: Capacidad total del paquete en bytes (1 byte de sincronización más 187 bytes de datos más 16 bytes de paridad).
188: Capacidad de datos del paquete randomizado, en bytes.
8: Cantidad de bytes que se pueden detectar y corregir por paquete, mediante la corrección Reed Solomon.

12.7.3 Intercalación externa.

Una vez agregados los bytes de paridad, se efectúa la intercalación externa.

En la Figura 12.10 a) se muestra el proceso de intercalación y en la parte b) de la misma Figura, se muestra el proceso inverso o de desintercalación que se efectúa en el Decoder.

La intercalación se efectúa en el paquete total de 203 bytes (187 bytes de datos randomizados más 16 bytes de paridad) y es realizada mediante un registro de desplazamiento. Se tienen doce posiciones de intercalación que corresponden a un byte por posición. En total, tenemos una profundidad de intercalación de 12 bytes.

El intercalador está formado por doce derivaciones (I=12), existiendo un conmutador de entrada por donde ingresa el flujo de datos y un conmutador de salida, por donde sale el flujo. Ambos conmutadores están sincronizados.

Cada ramificación está constituída por un Registro de Desplazamiento.

De esta manera tenemos;

$I=12$

$M=17=N/I$ donde $N=204$.

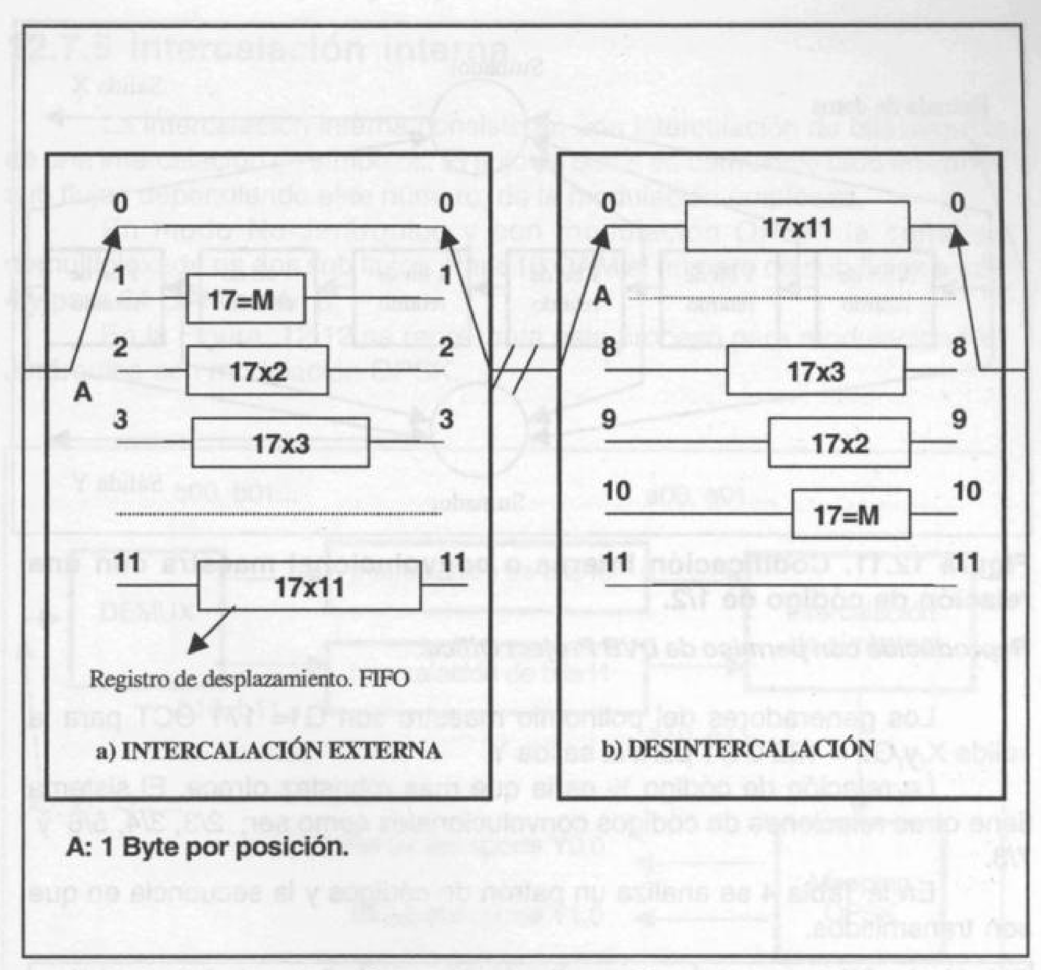


Figura 12.10. Intercalación y desintercalación externas.

Reproducida con permiso de DVB Project Office.

12.7.4 Codificación interna.

En la Figura 12.11 se representa el proceso de codificación interna, donde los datos alimentan un Registro de Desplazamiento. Los contenidos de este producen dos salidas X e Y, que representan diferentes chequeos de paridad de los datos de entrada, de tal forma que los errores de bits puedan ser corregidos. Por cada bit de entrada sin codificar tenemos dos bits de salida codificados. Por ello, este esquema tiene una relación de código de ½.

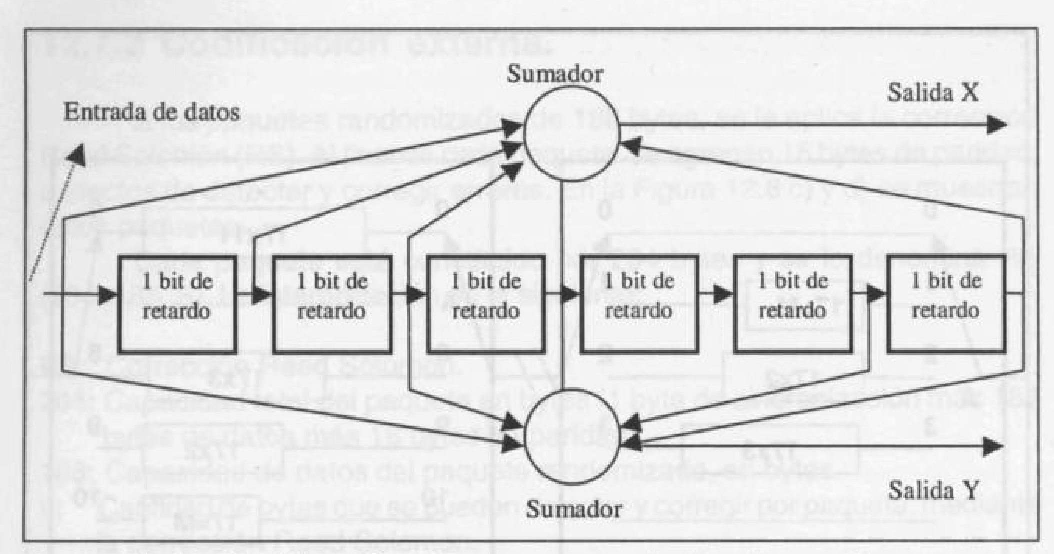


Figura 12.11. Codificación interna o convolucional maestra con una relación de código de 1/2.

Reproducida con permiso de DVB Project Office.

Los generadores del polinomio maestro son G1= 171 OCT para la salida X y G2 = 133 OCT para la salida Y.

La relación de código ½ es la que más robustez ofrece. El sistema tiene otras relaciones de códigos convolucionales como ser; 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8.

En la Tabla 4 se analiza un patrón de códigos y la secuencia en que son transmitidos.

Relación de código	Patrón	Secuencia de transmisión
(1/2)	X:1 Y:1	X1, Y1
(2/3)	X: 1 0 Y:1 1	X1, Y1, Y2
(3/4)	X: 1 0 1 Y:1 1 0	X1, Y1, Y2, X3
(5/6)	X: 1 0 1 0 1 Y:1 1 0 1 0	X1, Y1, Y2, X3, Y4, X5
(7/8)	X: 1 0 0 0 1 0 1 Y:1 1 1 1 0 1 0	X1, Y1, Y2, Y3, Y4, X5, Y6, X7

Tabla 4. Patrón y secuencia de transmisión de las relaciones de códigos posibles.

Reproducida con permiso de DVB Project Office.

12.7.5 Intercalación interna.

La intercalación interna consiste en una intercalación de bits seguida de una intercalación de símbolos. El flujo de datos es demultiplexado en varios sub flujos dependiendo este número, de la modulación empleada,

En modo No-Jerárquico y con modulación QPSK, la señal es demultiplexada en dos sub flujos. Para 16 QAM el número de sub flujos serán 4 y para 64 QAM serán 6.

En la Figura 12.12 se representa este proceso para modulación No-Jerárquica con modulación QPSK.

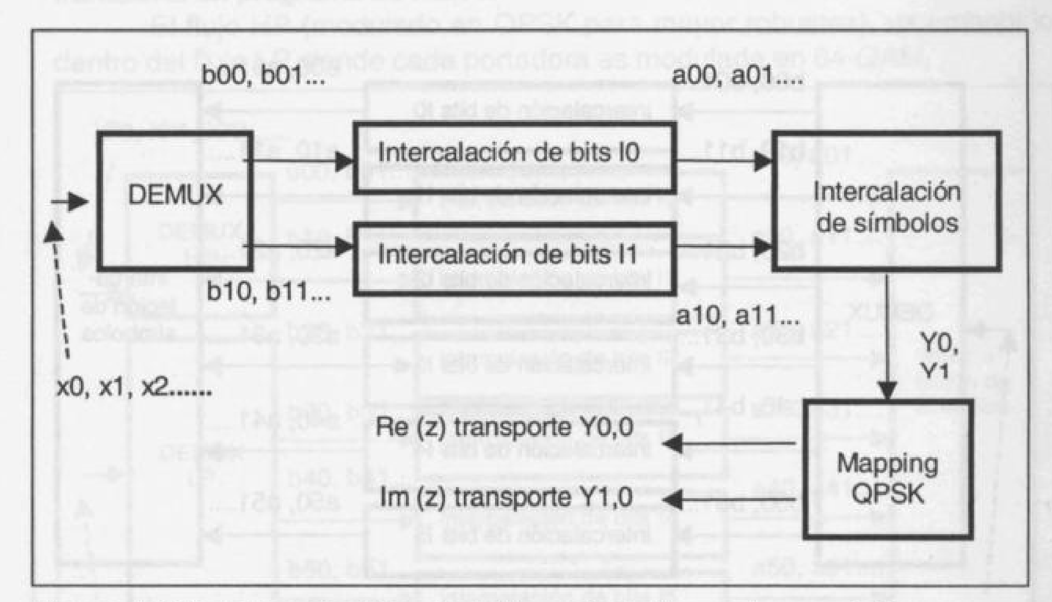


Figura 12.12. Intercalación de bits y símbolos en transmisión No-Jerárquica con modulación QPSK.

Reproducida con permiso de DVB Project Office.

En este caso, el flujo de datos a la entrada es demultiplexado en dos sub flujos. La intercalación de bits se efectúa en cada uno de estos flujos por separado.

Las salidas de los intercaladores de bits, son agrupadas para formar los símbolos de datos digitales. A continuación, se efectúa una intercalación de símbolos.

El propósito de esta intercalación, es el de organizar las palabras de bits en las portadoras activas. En el modo 2k tenemos 1.512 portadoras activas y en el modo 8k tenemos 6.048 portadoras activas. El tamaño de los bloques de intercalación es de palabras que tienen 126 bits. Este proceso, se repite 12 veces por símbolo OFDM para el modo 2k y 48 veces para el modo 8k. De esta manera, en 2k se leen 12 grupos de 126 bits de datos del intercalador de bits en forma secuencial en un vector; Y = Y'0, Y'1,Y'2...Y'1511

De la misma manera, en 8k se leen 48 grupos de 126 bits de datos del intercalador de bits en forma secuencial en un vector; Y = Y'0, Y'1,Y'2...Y'6047

En la Figura 12.13 se representa el proceso de intercalación de bits y símbolos, para transmisión No-Jerárquica con modulación 64-QAM.

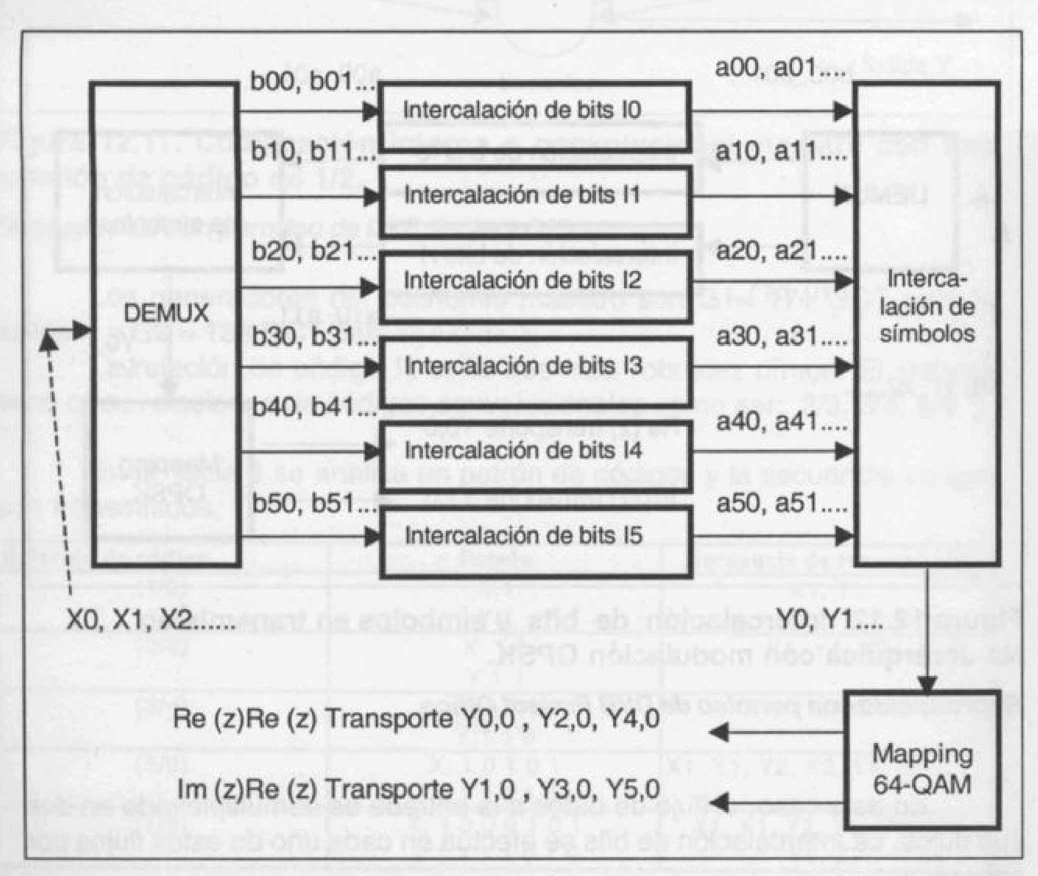


Figura 12.13. Intercalación de bits y símbolos en transmisión No-Jerárquica con modulación 64-QAM.
Reproducida con permiso de DVB Project Office.

El flujo se demultiplexa en seis sub flujos, para su posterior intercalación de bits.

En la Figura 12.14 se muestra un diagrama para transmisión Jerárquica. En este caso, tenemos dos flujos; uno de alta prioridad que es el de más baja velocidad binaria y otro de baja prioridad, que es el de más alta velocidad. El flujo de entrada de alta prioridad (HP) es demultiplexado primero en dos flujos y el flujo de entrada de baja prioridad (LP) se demultiplexa en cuatro sub flujos.

El flujo de alta prioridad es el que transporta un programa de Televisión Digital Estándar (SDTV), para recepción portable y móvil. Aquí cada portadora se modula en QPSK.

El segundo flujo que es de baja prioridad, es modulado en 64 QAM y transporta un programa de HDTV.

El flujo HP (modulado en QPSK para mayor robustez), va embebido dentro del flujo LP, donde cada portadora es modulada en 64-QAM.

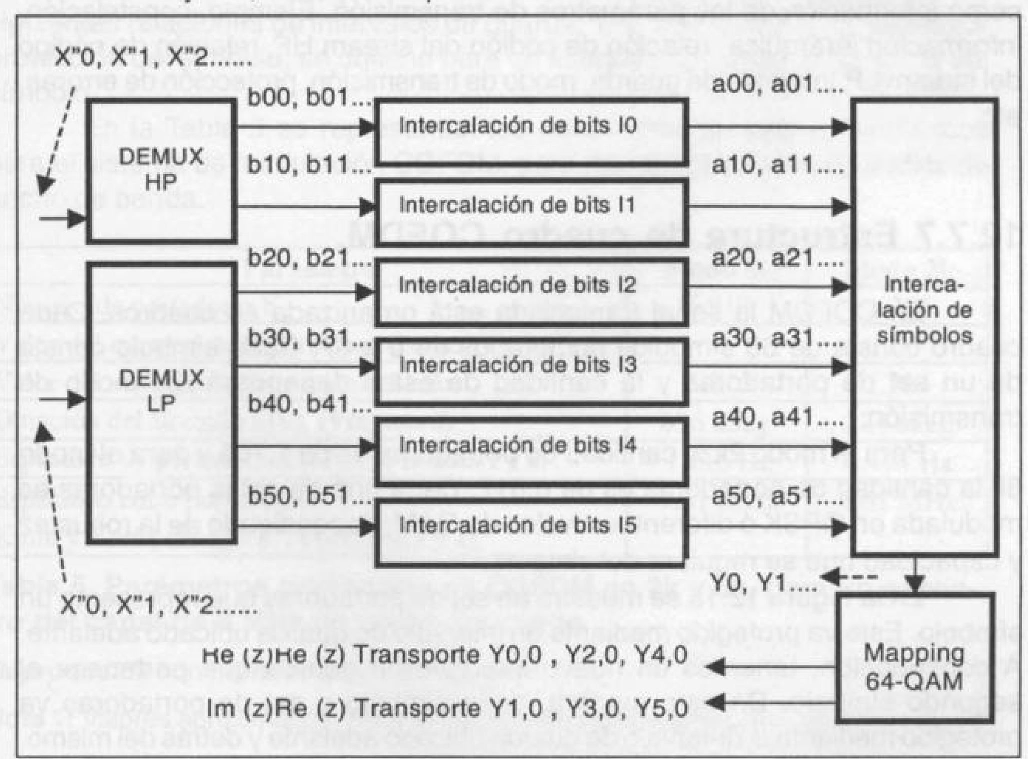


Figura 12.14. Intercalación de bits y símbolos en transmisión Jerárquica con modulación 64-QAM.

Reproducida con permiso de DVB Project Office..

12.7.6 Adaptación de cuadro e inserción de portadoras piloto y TPS.

En esta etapa se efectúa la inserción de las portadoras piloto y TPS. Las portadoras piloto son utilizadas para;

- Sincronización del cuadro.
- Sincronización de la frecuencia.
- Sincronización del tiempo.
- Identificación del modo de transmisión.
- Estimación del canal.

Las portadoras TPS (Transmission Parameter Signalling), son utilizadas como información de los parámetros de transmisión. Ejemplo, constelación, información jerárquica, relación de código del stream HP, relación de código del stream LP, intervalo de guarda, modo de transmisión, protección de errores, etc.

12.7.7 Estructura de cuadro COFDM.

En COFDM la señal transmitida está organizada en cuadros. Cada cuadro consta de 68 símbolos numerados de 0 a 67. Cada símbolo consta de un set de portadoras y la cantidad de estas dependerá del modo de transmisión.

Para el modo 2k la cantidad de portadoras es de 1.705 y para el modo 8k la cantidad de portadoras es de 6.817. Cada una de estas portadoras es modulada en QPSK ó diferentes niveles de QAM, dependiendo de la robustez y capacidad que se requiera del sistema.

En la Figura 12.15 se muestra un set de portadoras que representa un símbolo. Este va protegido mediante un intervalo de guarda ubicado adelante. A continuación, tenemos un nuevo intervalo de guarda que pertenece al segundo símbolo. De esta manera, cada símbolo o set de portadoras va protegido mediante un intervalo de guarda ubicado adelante y detrás del mismo.

Logicamente, la adición del intervalo de guarda reduce la capacidad de datos. Esta reducción, está en relación directa a la duración del intervalo de guarda. A efectos de hacer más eficaz la protección, la duración de los intervalos de guarda se hace variable.

En cualquiera de los dos modos de operación (2k u 8 k), la duración de estos intervalos está directamente relacionada con la duración del símbolo.

n – 1 Intervalo de guarda	Simbolo n-1 8k (6817 port) 2k (1705 port.)	n Intervalo de guarda	Simbolo n 8k (6817 port) 2k (1705 port.)

Figura 12.15. Símbolo en COFDM e intervalos de guarda.

De esta manera, podemos seleccionar entre cualquiera de las siguientes relaciones de intervalos de guarda; 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32. La mayor protección del símbolo, se obtiene para un intervalo de 1/4 de la duración del símbolo.

En la Tabla 5 se representan los parámetros en valores numéricos para el sistema de modulación COFDM, para los modos 2k y 8k en 8 MHz de ancho de banda.

Parámetro	Modo 8k	Modo 2k
Número de portadoras K	6.817	1.705
Valor del número de la portadora Kmín.	0	0
Valor del número de la portadora Kmáx	6.816	1.704
Duración del símbolo (Tu). **(Ver nota 2)**	896 uSeg.	224 uSeg
Espaciado de portadoras (1/Tu). **(Ver nota 1 y 2)**	1.116 Hz	4.464 Hz
Espaciado entre portadoras Kmín y Kmáx (K-1)/Tu*. **(Ver nota 1 y 2)**	7,61 MHz	7,61 MHz

Tabla 5. Parámetros principales en COFDM en 2k y 8k, para un espectro del canal de 8 MHz de ancho de banda.

Reproducida con permiso de DVB Project Office.

Nota 1: Valores aproximados. **Nota 2:** Valores para un espectro de 8 MHz.

En las Tablas 6 a) y b) se muestran los tiempos de duración del símbolo, intervalos de guarda y la suma de ambos, en los modos 8k y 2k para 8 MHz de ancho de banda del canal.

Modo	8k			
Intervalo de guarda	1/ 4	1/ 8	1/ 16	1/ 32
***Duración del* símbolo Tu.**	8.192 x T 896 uSeg			
Duración del intervalo de guarda	2.048 x T 224 uSeg	1.024 x T 112 uSeg	512 x T 56 uSeg	256 x T 28 uSeg
Duración del símbolo más el intervalo de guarda.	10.240 x T 1.120 uSeg	9.216 x T 1.008 uSeg	8.704 x T 952 uSeg	8.448 x T 924 uSeg

Modo	2k			
Intervalo de guarda	1/ 4	1/ 8	1/ 16	1/ 32
Duración del símbolo Tu.	2.048 x T 224 uSeg			
Duración del intervalo de guarda	512 x T 56 uSeg	256 x T 28 uSeg	128 x T 14 uSeg	64 x T 7 uSeg
Duración del símbolo más el intervalo de guarda.	2.560 x T 280 uSeg	2.304 x T 252 uSeg	2.176 x T 238 uSeg	2.112 x T 231 uSeg

Tablas 6 a) y b) . Duración de los símbolos, intervalos de guarda y la suma de ambos, para los modos 8k y 2k en 8 MHz.
Reproducidas con permiso de DVB Project Office.

Los mismos parámetros de la Tabla 5, para un espectro de 7 MHz de ancho de banda, se muestran en la Tabla 7.

Parámetro	Modo 8k	Modo 2k
Número de portadoras K	6.817	1.705
Valor del número de la portadora Kmín.	0	0
Valor del número de la portadora Kmáx	6.816	1.704
Duración del símbolo (Tu). **(Ver nota 2)**	1.024 uSeg.	256 uSeg
Espaciado de portadoras (1/Tu). **(Ver nota 1 y 2)**	0,976563 KHz	3,90625
Espaciado entre portadoras Kmín y Kmáx (K-1)/Tu*. **(Ver nota 1 y 2)**	6,66 MHz	6,66 MHz

Tabla 7. Parámetros principales en COFDM en 8k y 2k, para un espectro del canal de 7 MHz de ancho de banda.
TABLA 7: Nota 1: **Valores aproximados.** Nota 2: **Valores para un espectro de 8 MHz.**

Reproducida con permiso de DVB Project Office.

Como hemos visto, la cantidad de portadoras en el Modo 8k es de 6.817 y para 2k es es de 1.705. Estas cantidades son las mismas para 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda del canal.

En las Tablas 8 a) y b) se muestran los tiempos de duración del símbolo, intervalos de guarda y la suma de ambos, en los modos 8k y 2k para 7 MHz de ancho de banda del canal.

Modo	8k			
Intervalo de guarda	1/ 4	1/ 8	1/ 16	1/ 32
Duración del símbolo Tu.	8.192 x T 1.024 uSeg.			
Duración del intervalo de guarda	2.048 x T 256 uSeg	1.024 x T 128 uSeg	512 x T 64 uSeg	256 x T 32 uSeg
Duración del símbolo más el intervalo de guarda.	10.240 x T 1.280 uSeg	9.216 x T 1.152 uSeg	8.704 x T 1.088 uSeg	8.448 x T 1.056 uSeg

Modo	2k			
Intervalo de guarda	1/ 4	1/ 8	1/ 16	1/ 32
Duración del símbolo Tu.	2.048 x T 256 uSeg			
Duración del intervalo de guarda	512 x T 64 uSeg	256 x T 32 uSeg	128 x T 16 uSEg	64 x T 8 uSeg
Duración del símbolo más el intervalo de guarda.	2.560 x T 320 uSeg	2.304 x T 288 uSEg	2.176 x T 272 uSeg	2.112 x T 264 uSeg

Tablas 8 a) y b) . Duración de los símbolos, intervalos de guarda y la suma de ambos, para los modos 8k y 2k en 7 MHz.

Nota. T: Período de tiempo elemental.

Reproducidas con permiso de DVB Project Office.

Capítulo 13

Estándar ISDB-T

13

ESTANDAR ISDB-T

13.1 Introducción.

El estándar ISDB-T (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasing), ha sido desarrollado en Japón por el grupo DIBEG (Digital Broadcasting Experts Group), tomando como base al estándar DVB-T.

El ISDB-T utiliza la compresión y el multiplexado MPEG-2, además del sistema de modulación COFDM. Sin embargo, este estándar tiene otras variantes y características diferentes al DVB-T. En este Capítulo se analizarán esas diferencias.

13.2 Aplicaciones del estándar ISDB-T.

El estándar ISDB-T ha sido desarrollado para DTT. Las principales aplicaciones son:

- Transmisión de un programa de TV de Alta Definición (HDTV) o múltiples programas de SDTV.
- Servicios de datos Broadcasting (multimedia e interactividad).
- Recepción portable y móvil, con alta calidad de video, audio y datos.
- Redes de Frecuencia Unica (SFN).
- Operación en modo Jerárquico, lo cual permite transportar en el mismo ancho de banda, un flujo de datos para recepción fija y un flujo de datos para recepción móvil.
- Servicio de recepción portable de audio y datos. Para ello, se transmiten audio y datos en un segmento ubicado en el centro de la banda*.

*Para la recepción de este servicio, se utiliza un receptor de banda angosta. Este receptor recibe solo ese segmento.

13.3 Características principales del estándar ISDB-T.

El estándar ISDB-T, como se había mencionado al comienzo, tiene características especiales que difieren del estándar DVB-T. Veremos a continuación las características más importantes de este estándar.

13.3.1 Transmisión OFDM en forma segmentada.

El Flujo de Transporte (Transport Stream) es remultiplexado y agrupado en segmentos de datos. Luego, cada uno de estos segmentos es transformado en segmentos OFDM. En total, el espectro de transmisión se compone de trece segmentos, siendo esta cantidad la misma para un canal de 6, 7 y 8 MHz de ancho de banda. Lo que varía en cada uno de los espectros, es el tiempo de duración de cada segmento. Para 6 MHz de ancho de banda del canal, el espectro compuesto por los trece segmentos ocupa 5,6 MHz, siendo el ancho de banda de cada segmento de 429 KHz.

13.3.2 Ajuste del tiempo de intercalación de datos.

Se disponen de cuatro tiempos distintos de intercalación de datos, para cada ancho de banda del canal de transmisión.

En la Tabla 1, se muestran los tiempos de intercalación para los distintos anchos de banda del espectro.

Ancho de banda del canal	Tiempo 1 de intercalación (Seg).	Tiempo 2 de intercalación (Seg).	Tiempo 3 de intercalación (Seg).	Tiempo 4 de intercalación (Seg).
6 MHz	0	0,096	0,19	0,38
7 MHz	0	0,082	0,16	0,33
8 MHz	0	0,072	0,14	0,29

Tabla 1. Tiempos de intercalación de los datos, para espectros de 6, 7 y 8 MHz de ancho de banda.

13.3.3 Operación en distintos modos de transmisión.

En el estándar ISDB-T, se opera en tres diferentes modos de transmisión. Cada modo tiene distintos espaciados de las portadoras OFDM.

Los modos de transmisión son los siguientes;

Modo 1: En este modo de transmisión, las portadoras OFDM están espaciadas en 4 KHz.
Modo 2: El espaciado de portadoras es de 2 KHz
Modo 3: Aquí el espaciado de portadoras es de 1 KHz

13.4 Transmisión segmentada.

En el estándar ISDB-T el espectro de transmisión es dividido en trece segmentos, que son numerados de 0 a 12.

En la Figura 13.1 se muestra el espectro de los trece segmentos en transmisión. Los mismos corresponden a un canal de 6 MHz de ancho de banda.

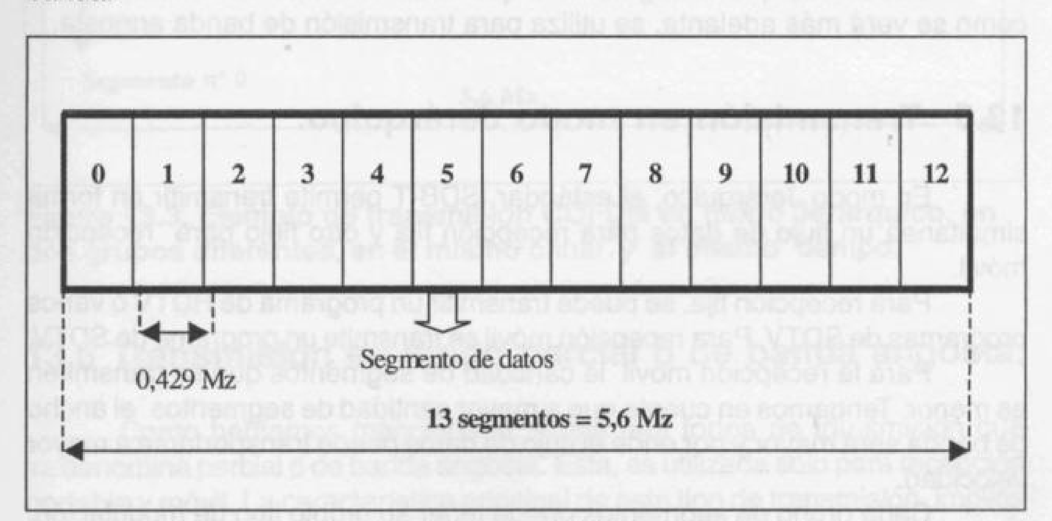


Figura 13.1. Segmentos de datos en ISDB-T, para 6 MHz de ancho de banda del canal.

En el estándar ISDB-T se efectúan dos tipos de intercalaciones de datos. La primera de ellas se denomina inter segmentos y consiste en una randomización entre segmentos. El segundo tipo de intercalación se denomina intra segmentos y consiste en intercalar los datos dentro del mismo segmento.

En la Figura 13.2 se ilustra el mismo espectro de la Figura 13.1, pero con los segmentos intercalados.

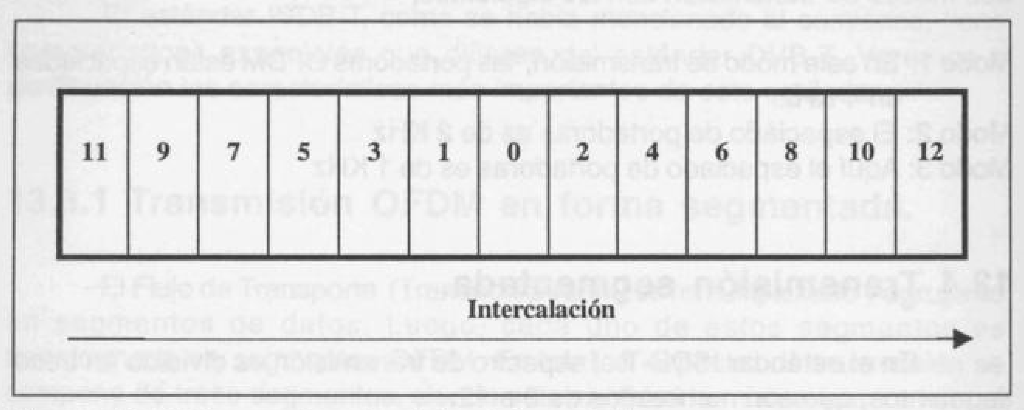


Figura 13.2. Segmentos de datos intercalados.

Obsérvese que el segmento 0 queda en el centro de la banda. Este como se verá más adelante, se utiliza para transmisión de banda angosta.

13.5 Transmisión en modo Jerárquico.

En modo Jerárquico, el estándar ISDB-T permite transmitir en forma simultánea un flujo de datos para recepción fija y otro flujo para recepción móvil.

Para recepción fija, se puede transmitir un programa de HDTV ó varios programas de SDTV. Para recepción móvil se transmite un programa de SDTV.

Para la recepción móvil la cantidad de segmentos que se transmiten es menor. Tengamos en cuenta que a mayor cantidad de segmentos el ancho de banda será mayor y por ende el flujo de datos puede transportarse a mayor velocidad.

Cada grupo de segmentos puede tener su propio tipo de modulación, relación de código y tiempo de intercalación. Se pueden transmitir hasta tres grupos de segmentos separados, al mismo tiempo y en el mismo canal.

En la Figura 13.3 se muestra a manera de ejemplo una transmisión de dos grupos de segmentos separados.

La agrupación puede ser de cualquier manera, dependiendo de la aplicación y el ancho de banda requerido. En este ejemplo, cada uno de los dos grupos tiene el siguiente ancho de banda:

Grupo 1: 2,145 MHz - Grupo 2: 3.432 MHz

El grupo de los cinco primeros segmentos es utilizado para recepción móvil en SDTV, mientras que los ocho segmentos restantes, se utilizan para recepción fija en HDTV.

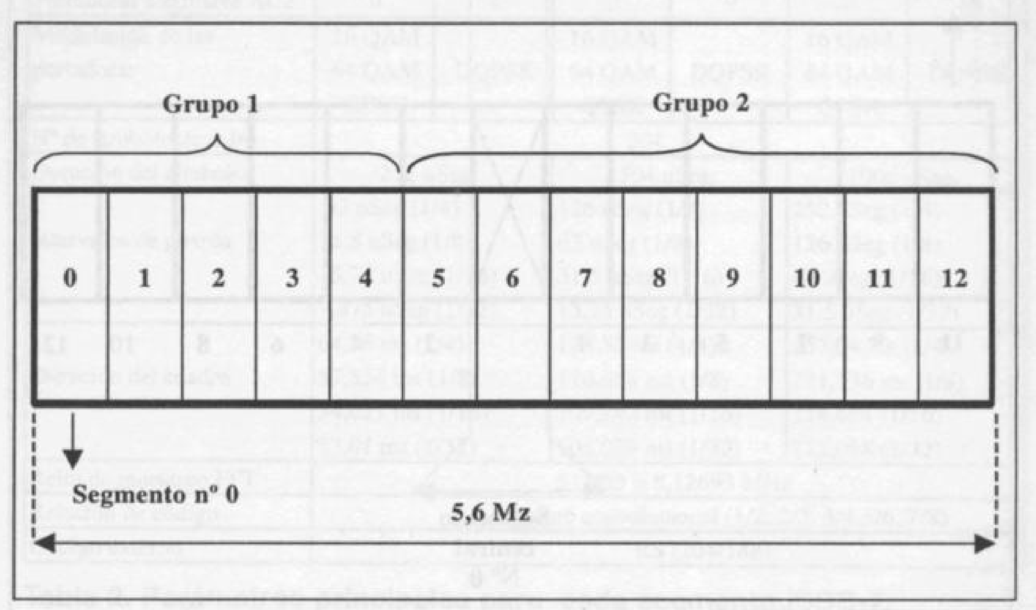


Figura 13.3. Ejemplo de transmisión COFDM en modo Jerárquico, en dos grupos diferentes, en el mismo canal y al mismo tiempo.

13.6 Transmisión en modo parcial o de banda angosta.

Como habíamos mencionado, existe otra forma de transmisión que se denomina parcial o de banda angosta. Esta, es utilizada solo para recepción portable y móvil. La característica principal de este tipo de transmisión, implica que el segmento parcial a transmitir, está ubicado en la parte central de la banda de los trece segmentos. En este segmento, solo se transmite audio y datos y ambos pueden ser recibidos por un receptor portátil de banda angosta. El ancho de banda de este receptor es de un segmento OFDM.

En la Figura 13.4 se muestra el caso de la recepción de banda angosta. Aquí se representan los trece segmentos intercalados, menos el número cero, que es el que transporta esta señal y siempre está en el centro de la banda.

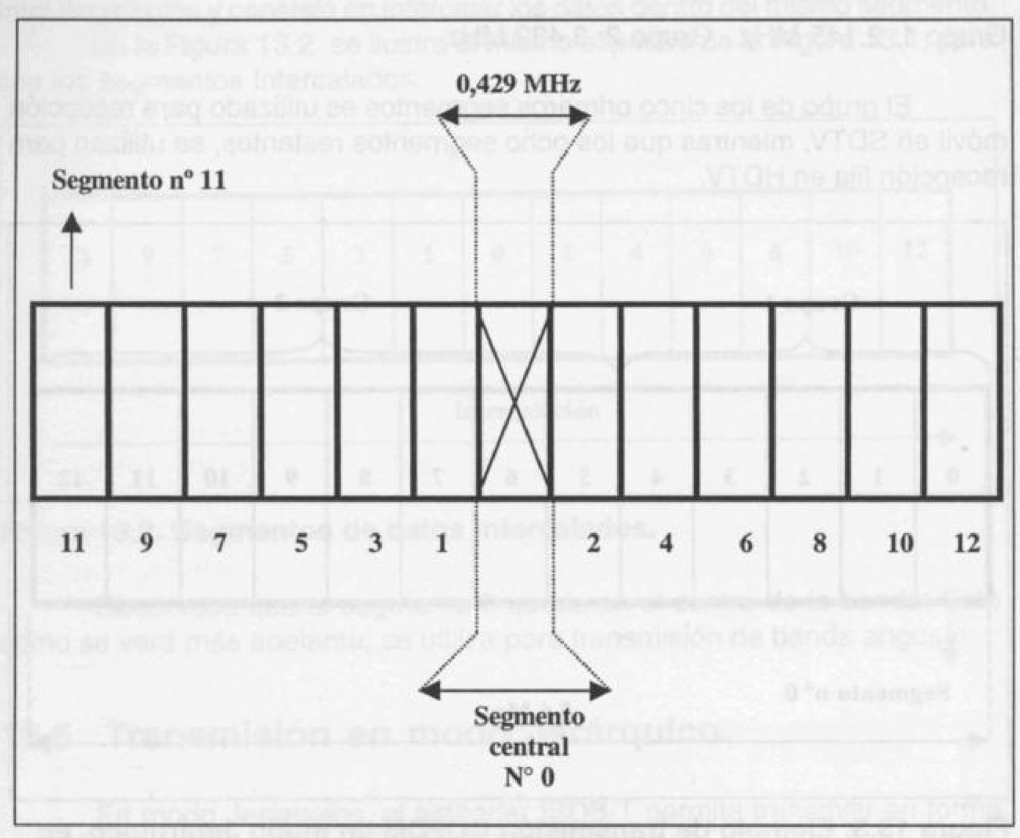


Figura 13.4. Recepción ISDBT de banda angosta.

13.7 Parámetros principales de cada segmento.

Cuando analizamos el estándar DVB-T, hemos visto los distintos tipos de modulación para cada portadora del esquema OFDM, la duración de los símbolos, intervalos de guarda, relaciones de código, etc. Por ello nos resultará fácil interpretar estos mismos parámetros en el estándar ISDB-T.

En la Tabla 2 se representan los parámetros principales de cada segmento, para los tres modos de transmisión y un canal de 6 MHz de ancho de banda.

Parámetro	Modo 1		Modo 2		Modo 3	
	Ancho de banda de cada segmento = 428,57 KHz					
Espaciado de portadoras	3,968 KHz		1,9841 KHz		0,99206 KHz	
Portadoras totales	108	108	216	216	432	432
Portadoras de datos	96	96	192	192	384	384
Pilotos dispersos	9	0	18	0	36	0
Pilotos contínuos	0	1	0	1	0	1
Portadoras de control	1	5	2	10	4	20
Portadoras auxiliares AC1	2	2	4	4	8	8
Portadoras auxiliares AC2	0	4	0	9	0	19
Modulación de las portadoras	16 QAM 64 QAM QPSK	DQPSK	16 QAM 64 QAM QPSK	DQPSK	16 QAM 64 QAM QPSK	DQPSK
Nº de símbolos/cuadro	204					
Duración del símbolo	252 uSeg.		504 uSeg.		1008 uSeg.	
Intervalos de guarda	63 uSeg (1/4) 31,5 uSeg (1/8) 15,75 uSeg (1/16) 7,875 uSeg (1/32)		126 uSeg (1/4) 63 uSeg (1/8) 31,5 uSeg (1/16) 15,75 uSeg (1/32)		252 uSeg (1/4) 126 uSeg (1/8) 63 uSeg (1/16) 31,5 uSeg (1/32)	
Duración del cuadro	64,26 ms (1/4) 57,834 ms (1/8) 54,621 ms (1/16) 53,01 ms (1/32)		128,52 ms (1/4) 116,668 ms (1/8) 109,242 ms (1/16) 106,029 ms (1/32)		257,04 ms (1/4) 231,336 ms (1/8) 218,464 (1/16) 212,058 (1/32)	
Reloj de muestreo FFT	512/63 = 8,12693 MHz					
Relación de código	Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4,5/6, 7/8)					
Código externo	RS (204/188)					

Tabla 2. Parámetros principales para cada segmento ISDB-T.
Reproducida con permiso de DIBEG.

AC1/AC2. Auxiliar Channel 1/ Auxiliar Channel 2. Canales auxiliares. En estos canales se transporta información auxiliar en la transmisión OFDM.

13.8 Parámetros de transmisión del canal de 6 MHz.

En la Tabla 3 se muestran los parámetros principales de transmisión para los 13 segmentos. Estos ocupan un ancho de banda de 5,58 MHz del espectro de 6 MHz.

Parámetro	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número de segmentos Ns	13		
Ancho de banda del canal	5,575 MHz	5,573 MHz	5,572 MHz
Número de segmentos para modulación diferencial	nd		
Portadoras de datos	96xNs=1.248	192xNs=2.496	384xNs=4.992
Pilotos dispersos	9xns	18xns	36xns
Pilotos contínuos	nd+1	nd+1	nd+1
Portadoras de control	ns+5xnd	2xns+10xnd	4xns+20xnd
Portadoras auxiliares AC1	2xNs=26	4xNs=52	8xNs=104
Portadoras auxiliares AC2	4xnd	9xnd	19xnd
Modulación de la portadora	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Número de símbolos por cuadro	204		
Duración del símbolo	252 uSeg.	504 uSeg.	1008 uSeg.
Intervalos de guarda	63 uSeg (1/4) 31,5 uSeg (1/8) 15,75 uSeg (1/16) 7,875 uSeg (1/32)	126 uSeg (1/4) 63 uSeg (1/8) 31,5 uSeg (1/16) 15,75 uSeg (1/32)	252 uSeg (1/4) 126 uSeg (1/8) 63 uSeg (1/16) 31,5 uSeg (1/32)
Duración del cuadro	64,26 ms (1/4) 57,834 ms (1/8) 54,621 ms (1/16) 53,01 ms (1/32)	128,52 ms (1/4) 116,668 ms (1/8) 109,242 ms (1/16) 106,029 ms (1/32)	257,04 ms (1/4) 231,336 ms (1/8) 218,464 (1/16) 212,058 (1/32)
Reloj de muestreo FFT	512/63 = 8,12693 MHz		
Relación de código	Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4,5/6, 7/8)		
Código externo	RS (204/188)		

Tabla 3. Parámetros de transmisión para ISDB-T en 6 MHz.
Reproducida con permiso de DIBEG.

La Tabla 4 muestra los tiempos de los distintos intervalos de guarda, para los tres modos de operación.

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Tiempo del símbolo	252 uSeg.	504 uSeg.	1008 uSeg.
Intervalo de guarda: 1/4	63 uSeg	126 uSeg.	252 uSeg.
Intervalo de guarda: 1/8	31,5 uSeg	63 uSeg.	126 uSeg.
Intervalo de guarda: 1/16	15,75 uSeg	31,15 uSeg.	63 uSeg.
Intervalo de guarda: 1/32	7,87 uSeg	15,75 uSeg.	31,5 uSeg.

Tabla 4. Intervalos de guarda para los distintos modos de operación.

13.9 Velocidades binarias por segmento.

En función del tipo de modulación, código convolucional e intervalo de guarda, se obtiene una velocidad binaria por segmento transmitido.

En la Tabla 5 se muestra esta información para un canal de 6 MHz de ancho de banda. Las velocidades binarias están dadas en Kbps.

El número de TSP (Transport Stream Packets), para cualquiera de los tres modos, indica el número de paquetes por cuadro OFDM.

La máxima velocidad por segmento es de 1.787,28 Kbps y se obtiene con la modulación 64 QAM, con la mínima relación de código convolucional de 7/8 y el mínimo intervalo de guarda que es de 1/32. En este caso, dependiendo del modo 1, 2 ó 3 que se esté operando, el número de paquetes por cuadro OFDM es de; 63, 126 ó 252.

Cuando se opera con los trece segmentos, en un canal de 6 MHz, la velocidad binaria final es la suma de todos los segmentos.

Modulación	Relac. código	Nº de TSP Modo 1, 2, 3	Intervalo guarda 1/4	Intervalo guarda 1/8	Intervalo guarda 1/16	Intervalo guarda 1/32
DQPSK/QPSK	(1/2)	12/24/48	280,85	312,06	330,42	340,43
DQPSK/QPSK	(2/3)	16/32/64	374,47	416,08	440,56	453,91
DQPSK/QPSK	(3/4)	18/36/72	421,28	468,09	495,63	510,65
DQPSK/QPSK	(5/6)	20/40/80	468,09	520,1	550,7	567,39
DQPSK/QPSK	(7/8)	21/42/84	491,5	546,11	578,23	595,76
16 QAM	(1/2)	24/48/96	561,71	624,13	660,84	680,87
16 QAM	(2/3)	32/64/128	748,95	832,17	881,12	907,82
16 QAM	(3/4)	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,3
16 QAM	(5/6)	40/80/160	936,19	1024,21	1101,4	1134,78
16 QAM	(7/8)	42/84/168	983	1092,22	1156,47	1191,52
64 QAM	(1/2)	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,3
64 QAM	(2/3)	48/96/192	1123,43	1248,26	1321,68	1361,74
64 QAM	(3/4)	54/108/216	1263,86	1404,29	1486,9	1531,95
64 QAM	(5/6)	60/120/240	1404,29	1560,32	1652,11	1702,17
64 QAM	(7/8)	63/126/252	1474,5	1638,34	1734,71	1787,28

Tabla 5. Velocidades binarias de un segmento en ISDB-T en Kbps.
Reproducida con permiso de DIBEG.

En la Tabla 6 se muestran las velocidades binarias en Mbps en función de la modulación empleada, el número de TPS transmitidos, la relación de código convolucional y el intervalo de guarda utilizado.

En este caso, la máxima velocidad binaria de los 13 segmentos, para 6 MHz de ancho de banda del canal es de 23,23 Mbps. Esta velocidad se obtiene modulando cada portadora en 64 QAM, una relación de código convolucional de 7/8 y el mínimo intervalo de guarda que es de 1/32.

Dependiendo del modo de operación 1, 2 ó 3, los paquetes transmitidos TSP por cuadro OFDM pueden ser de; 819, 1.638 ó 3.276.

Modulación	Relac. código	Nº de TSP Modo 1, 2, 3	Intervalo guarda 1/4	Intervalo guarda 1/8	Intervalo guarda 1/16	Intervalo guarda 1/32
DQPSK/QPSK	(1/2)	156/312/624	3,7	4,05	4,29	4,42
DQPSK/QPSK	(2/3)	208/216/432	4,87	5,41	5,73	5,9
DQPSK/QPSK	(3/4)	234/468/936	5,48	6,08	6,44	6,64
DQPSK/QPSK	(5/6)	260/520/1040	6,08	6,76	7,16	7,38
DQPSK/QPSK	(7/8)	273/546/1092	6,39	7,1	7,52	7,74
16 QAM	(1/2)	312/624/1248	7,3	8,11	8,59	8,85
16 QAM	(2/3)	416/832/1664	9,74	10,82	11,45	11,8
16 QAM	(3/4)	468/936/1872	10,95	12,17	12,89	13,28
16 QAM	(5/6)	520/1040/208	12,17	13,52	14,32	14,75
16 QAM	(7/8)	546/1092/218	12,78	14,2	15,03	15,49
64 QAM	(1/2)	468/936/1872	10,95	12,17	12,89	13,28
64 QAM	(2/3)	624/1248/249	14,6	16,23	17,18	17,7
64 QAM	(3/4)	702/1404/280	16,43	18,25	19,33	19,91
64 QAM	(5/6)	780/1560/312	18,25	20,28	21,48	22,13
64 QAM	(7/8)	819/1638/327	19,17	21,3	22,55	23,23

Tabla 6. Velocidades binarias de los 13 segmentos en Mbps, para 6 MHz de ancho de banda.
Reproducida con permiso de DIBEG.

Es interesante destacar que para 7 MHz de ancho de banda del canal, las velocidades binarias de los paquetes de datos van desde 4,259 hasta 27,107 Mbps.

Para un ancho de banda de 8 MHz del canal, las velocidades binarias varían desde 4,868 hasta 30,979 Mbps.

13.10 Cuadro multiplexado.

En ISDB-T, un cuadro multiplexado está compuesto por paquetes contínuos de 204 bytes cada uno.

De estos 204 bytes, el primero es el de sincronización, luego tenemos 187 bytes de datos y a continuación 16 bytes de paridad RS.

Esta estructura de los paquetes multiplexados es igual que en el estándar DVB-T.

En el estándar ISDB-T, los paquetes multiplexados son compatibles con el Flujo de Transporte (Transport Stream) del estándar MPEG-2.

En la Tabla 7 se analiza el número de paquetes (TS) por cada cuadro multiplexado. Este análisis, se realiza para los tres modos de transmisión y para los cuatro tipos de intervalos de guarda.

	Número de TSPs para un cuadro multiplexado.			
Modo	**Relación de intervalo de guarda 1/4**	**Relación de intervalo de guarda 1/8**	**Relación de intervalo de guarda 1/16**	**Relación de intervalo de guarda 1/32**
Modo 1	1.280	1.152	1.088	1.056
Modo 2	2.560	2.304	2.176	2.112
Modo 3	5.120	4.608	4.352	4.224

Tabla 7. Número de paquetes TSP del cuadro multiplexado.
Reproducida con permiso de DIBEG.

En la Figura 13.5 se representan los (TSP) Transport Stream Packets para un cuadro multiplexado, operando en el Modo 1 y con un intervalo de guarda de 1/8. En este caso, tenemos 1.152 paquetes en el Flujo de Transporte, por cada cuadro multiplexado.

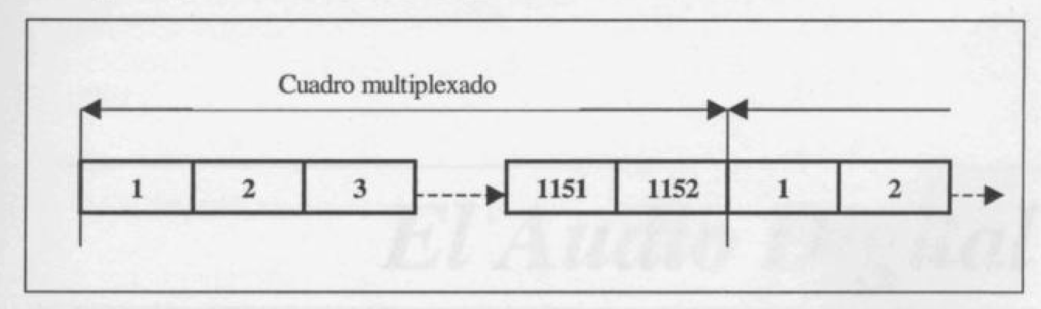


Figura 13.5. Ejemplo de un Flujo de Transporte en Modo 1 y un intervalo de guarda de 1/8.
Reproducida con permiso de DIBEG.

Capítulo 14

El Audio Digital

14

EL AUDIO DIGITAL

14.1 Introducción.

En este Capítulo analizaremos en forma breve, la digitalización de la señal de audio. Los principios de este proceso son similares a la digitalización de la señal de video.

Para comprimir una señal de audio en MPEG-2 ó en Dolby AC-3, primero se la debe digitalizar.

En general, los sistemas de compresión operan con señales digitales PCM en su entrada. También, en algunos Compresores, se puede ingresar con una señal análogica y dentro del mismo equipo, se efectúa la conversión de analógica a digital.

Otra veces, se puede ingresar al Compresor con señales digitales AES/EBU.

14.2 Digitalización de la señal de audio.

La digitalización de una señal de audio, consiste en efectuar una conversión de la señal de Analógica a Digital (A/D).

Esto implica un muestreo de la señal y una cuantificación de los valores muestreados. A continuación, la señal es codificada mediante una Modulación Codificada por Pulsos (PCM).

En la Figura 14.1, se muestra el proceso de digitalización de la señal con codificación PCM.

La señal de audio analógica ingresa a un Filtro Pasa Bajo, para ser limitada en banda. Luego, esta señal es muestreada mediante otra señal, cuya frecuencia se denomina de muestreo.

La característica de esta frecuencia es que debe cumplir con el teorema de Nyquist. Como se había visto, este expresa que para poder conservar toda la información de una señal, la frecuencia de muestreo debe ser como mínimo el doble del ancho de banda de la señal a muestrear, evitándose de esta forma el aliasing.

Este principio, es igual al que habíamos visto en el Capítulo 2, para la digitalización de la señal de video.

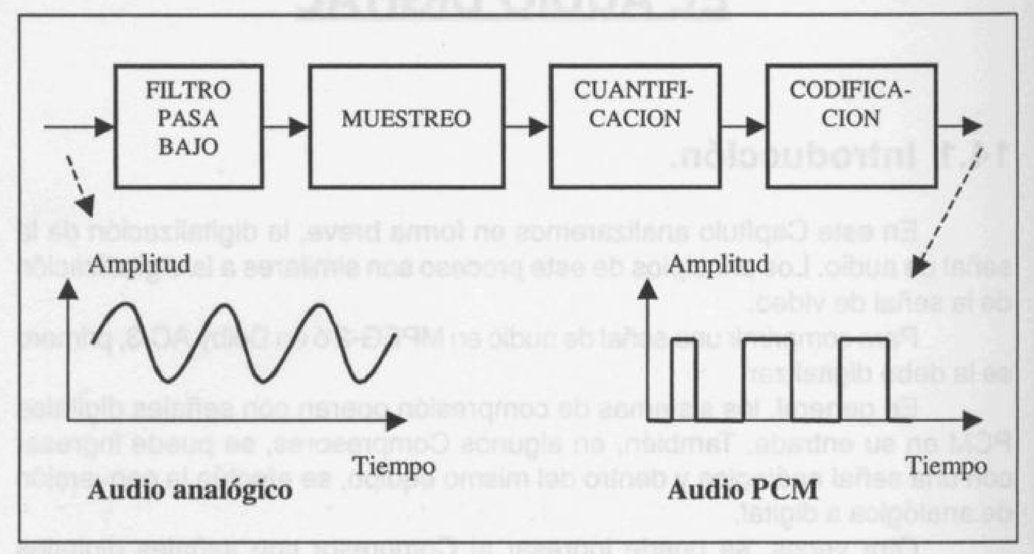


Figura 14.1. Codificación PCM.

A manera de ejemplo diremos que; para muestrear una señal de audio con un ancho de banda de 22 KHz, la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos de 44 KHz, para evitar el aliasing.

Una vez que la señal ha sido muestreada, se efectúa la cuantificación de los valores muestreados. En esta etapa, se le asignan palabras de bits a los valores en amplitud muestreados.

A continuación, estas palabras de bits son codificadas en PCM (Pulse Code Modulation) Modulación por Código de Pulsos. Esta señal es muy robusta y es utilizada para el transporte o transmisión de la señal digital.

En el Capítulo siguiente, veremos que con esta señal se ingresa a los sistemas de compresión MPEG-2 y Dolby AC-3.

14.3 Muestreo de la señal de audio.

En la Figura 14.2 se representa el espectro en el dominio de la frecuencia de una señal a muestrear fb y el espectro de muestreo fm y 2fm.

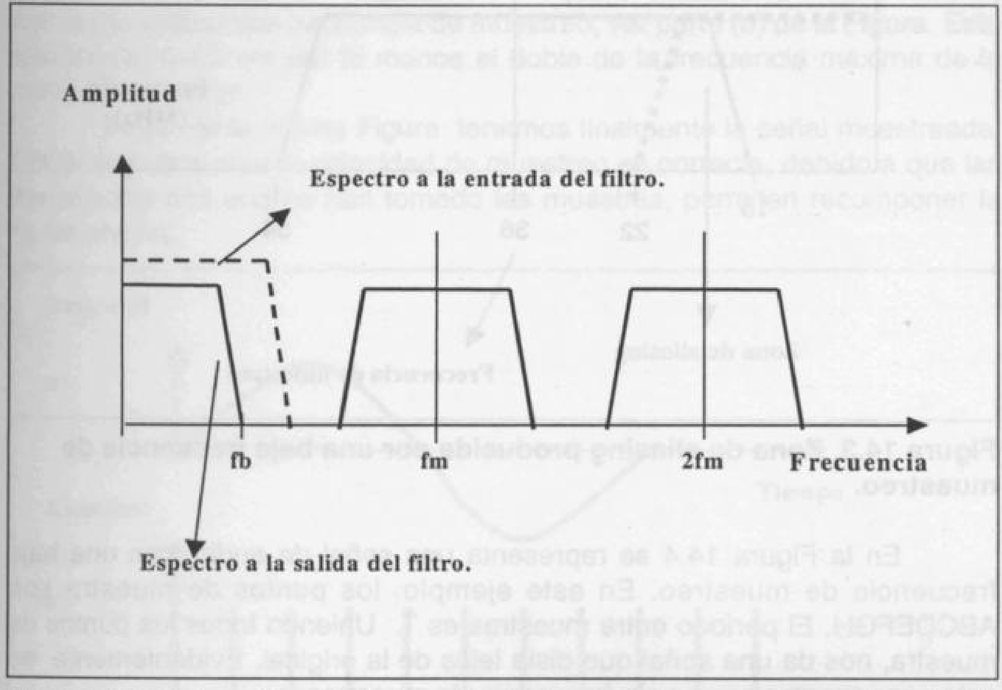


Figura 14.2. Espectro de la banda de la señal a muestrear fb y de la frecuencia de muestreo fm y 2fm.

Para muestrear una señal de 22 KHz de ancho de banda, habíamos dicho que la frecuencia de muestreo debería ser por lo menos el doble o sea 44 KHz.

Supongamos que la frecuencia de muestreo es menor que la frecuencia de la señal a muestrear, o sea de 36 KHz. En la Figura 14.3 se muestra este ejemplo, donde tenemos una baja frecuencia de muestreo.

En este caso, la banda lateral inferior del espectro de muestreo, se superpone con la banda lateral superior de la señal a muestrear. Esta zona de superposición produce aliasing en audio.

El alisasing se manifiesta como un sonido metálico, siendo este un problema, ya que no se puede corregir.

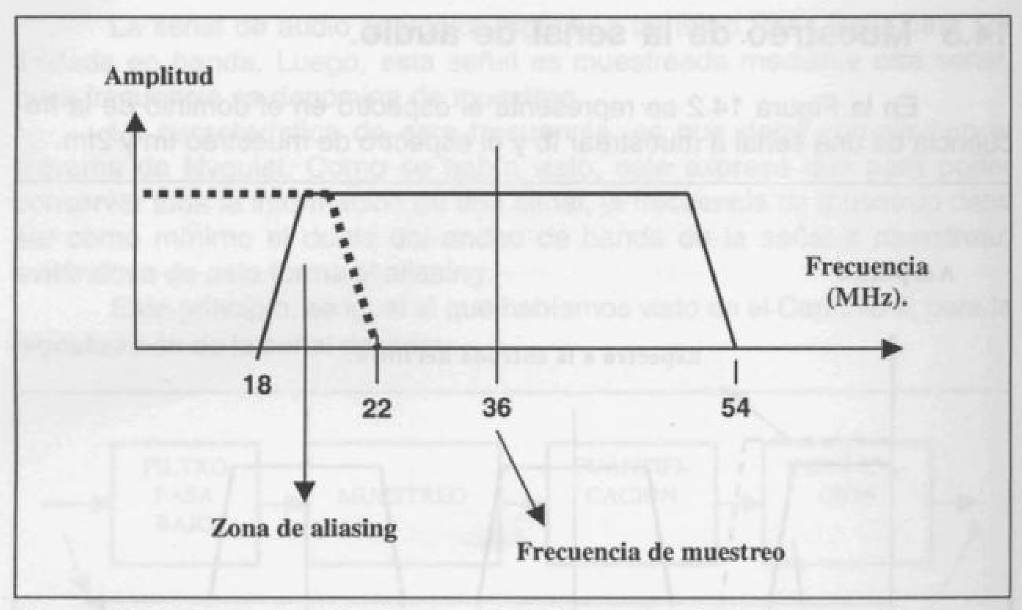


Figura 14.3. Zona de aliasing producida por una baja frecuencia de muestreo.

En la Figura 14.4 se representa una señal de audio con una baja frecuencia de muestreo. En este ejemplo, los puntos de muestra son ABCDEFGH. El período entre muestras es T. Uniendo todos los puntos de muestra, nos da una señal que dista lejos de la original. Evidentemente en este caso tenemos una baja frecuencia de muestreo.

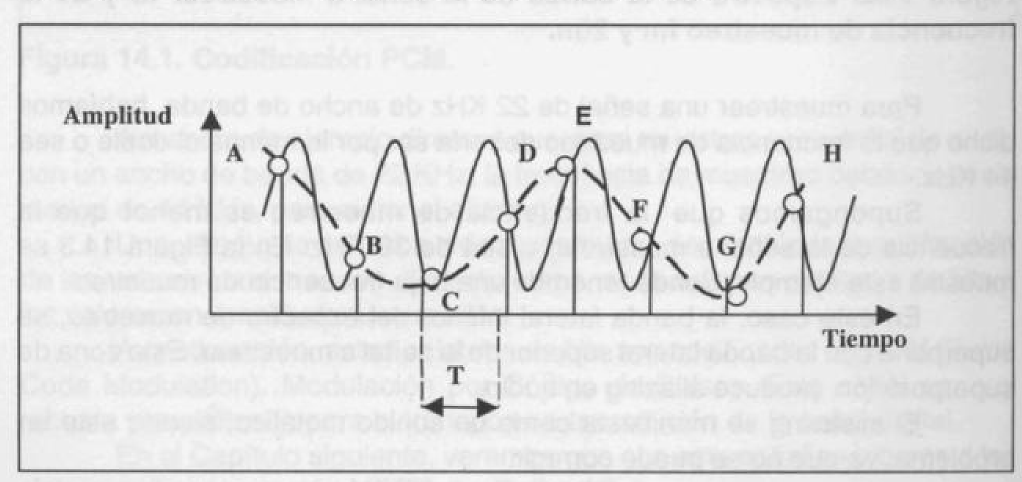


Figura 14.4. Señal con una baja frecuencia de muestreo.

En la Figura 14.5 analizamos el proceso de muestreo de una señal en el dominio del tiempo.

De la Figura podemos observar que en a) tenemos la señal a la salida del Filtro Pasa Bajo. Esta señal es la que, una vez limitada en banda, es sometida al proceso de muestreo. Para poder muestrear esta señal, es necesario aplicar una frecuencia de muestreo, ver parte (b) de la Figura. Esta frecuencia debe ser por lo menos el doble de la frecuencia máxima de la señal a muestrear.

En (c) de la misma Figura tenemos finalmente la señal muestreada. Obsérvese que aquí la velocidad de muestreo es correcta, debido a que las frecuencias con que se han tomado las muestras, permiten recomponer la señal original.

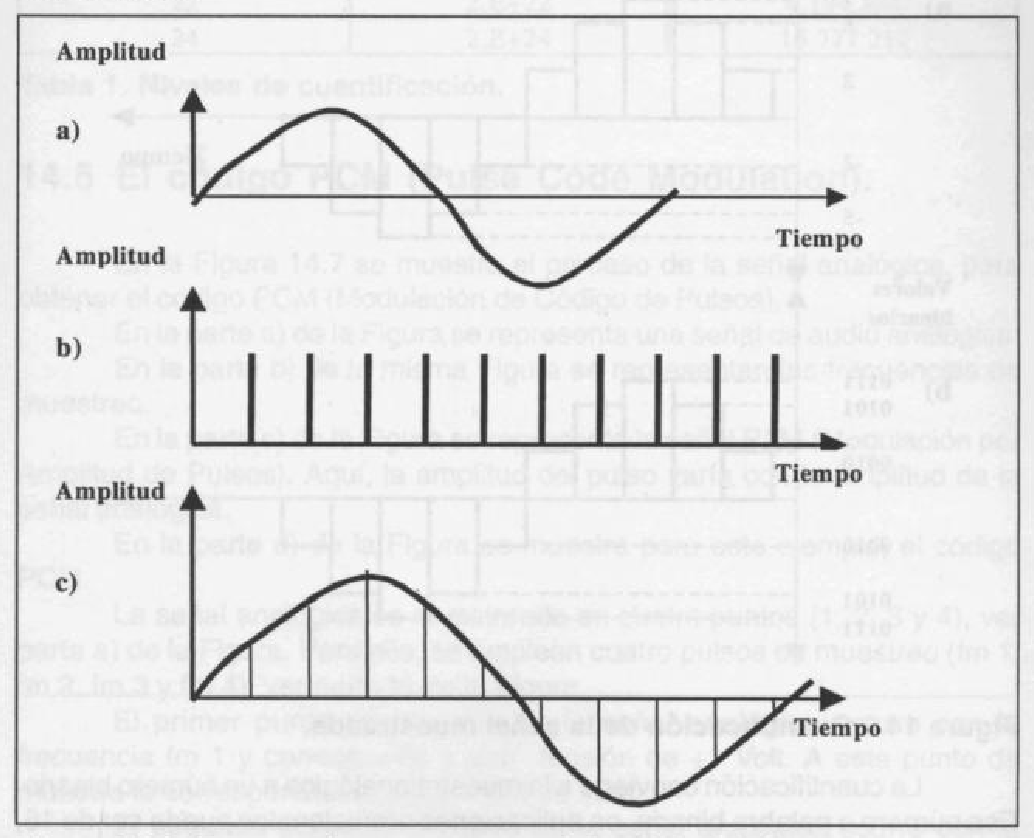


Figura 14.5. Proceso de muestreo en el dominio del tiempo.
a) Señal a la salida del Filtro Pasa Bajo.
b) Frecuencia de muestreo.
c) Señal muestreada.

14.4 Cuantificación.

En el proceso de digitalización, el paso siguiente al muestreo es la cuantificación. Aquí es donde se asignan las palabras de bits, a cada uno de los valores de tensión, que han sido muestreados.

En la Figura 14.6 se muestra la señal de la Figura anterior, convertida en valores de tensión en (a) y cuantificada en (b).

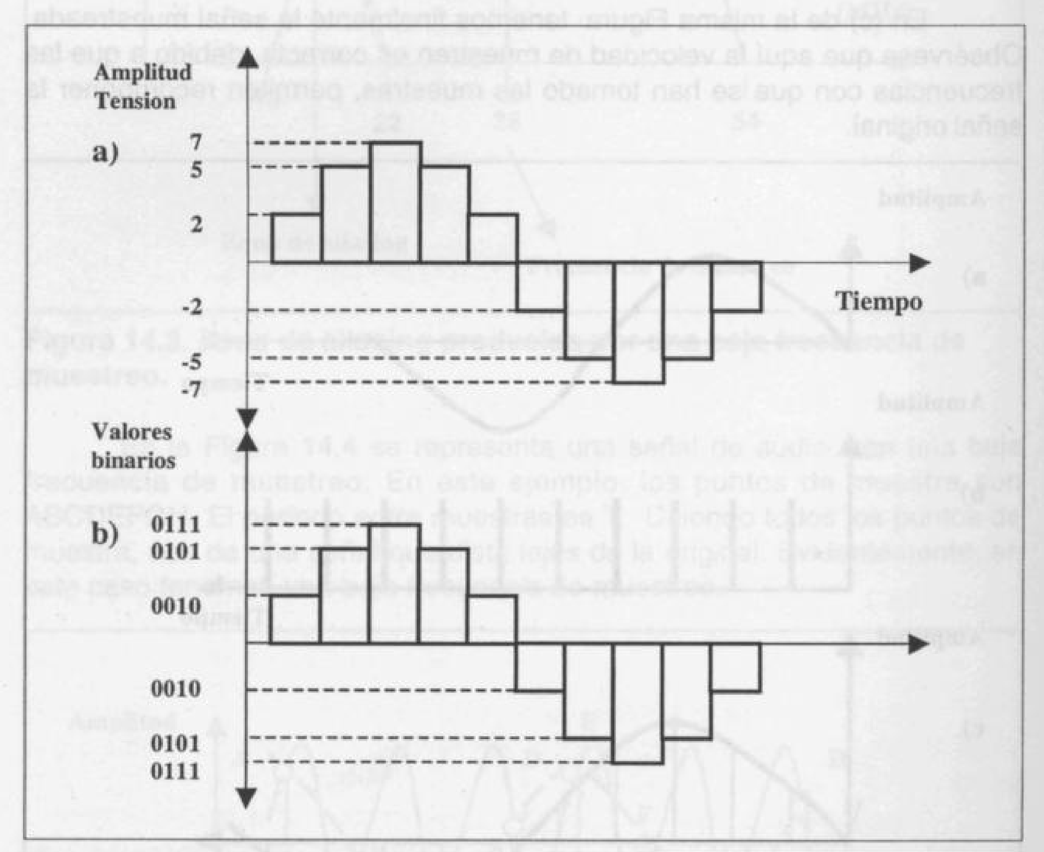


Figura 14.6.Cuantificación de la señal muestreada.

La cuantificación convierte a la muestra analógica a un número binario. Ese número o palabra binaria, en aplicaciones profesionales puede ser de 16, 20 ó 24 bits por muestra de resolución.

En la Tabla 1 se muestran algunas resoluciones y la cantidad de niveles de cuantificación. Por simplicidad, solo se muestran los números de bits de resolución por muestra pares.

N° de bits por muestra	2 elevado a:	Niveles de cuantificación
2	2.E+02	4
4	2.E+04	16
6	2.E+06	64
8	2.E+08	256
10	2.E+10	1.024
12	2.E+12	4.096
14	2.E+14	16.384
16	2.E+16	65.336
18	2.E+18	262.144
20	2.E+20	1.048.576
22	2.E+22	4.194.304
24	2.E+24	16.777.216

Tabla 1. Niveles de cuantificación.

14.5 El código PCM (Pulse Code Modulation).

En la Figura 14.7 se muestra el proceso de la señal analógica, para obtener el código PCM (Modulación de Código de Pulsos).

En la parte a) de la Figura se representa una señal de audio analógica.

En la parte b) de la misma Figura se representan las frecuencias de muestreo.

En la parte c) de la Figura se representa la señal PAM (Modulación por Amplitud de Pulsos). Aquí, la amplitud del pulso varía con la amplitud de la señal análógica.

En la parte d) de la Figura se muestra para este ejemplo, el código PCM.

La señal analógica es muestreada en cuatro puntos (1, 2, 3 y 4), ver parte a) de la Figura. Para ello, se emplean cuatro pulsos de muestreo (fm 1, fm 2, fm 3 y fm 4), ver parte b) de la Figura.

El primer punto de muestra de la señal analógica ocurre con la frecuencia fm 1 y corresponde a una tensión de +1 Volt. A este punto de muestra le corresponde el código PCM de 1000.

El segundo punto de muestra de la señal analógica ocurre con la frecuencia fm 2 y le corresponde una tensión de +3 Volts. A este punto de muestra le corresponde el código PCM de 1010.

El tercer punto de muestra ocurre con fm 3 y la tensión es de -2 Volts. A este punto de muestra le corresponde el código PCM de 0010.

El cuarto punto de muestra ocurre con fm 4 y la tensión es de +1 Volt. A este punto le corresponde el código PCM de 1000.

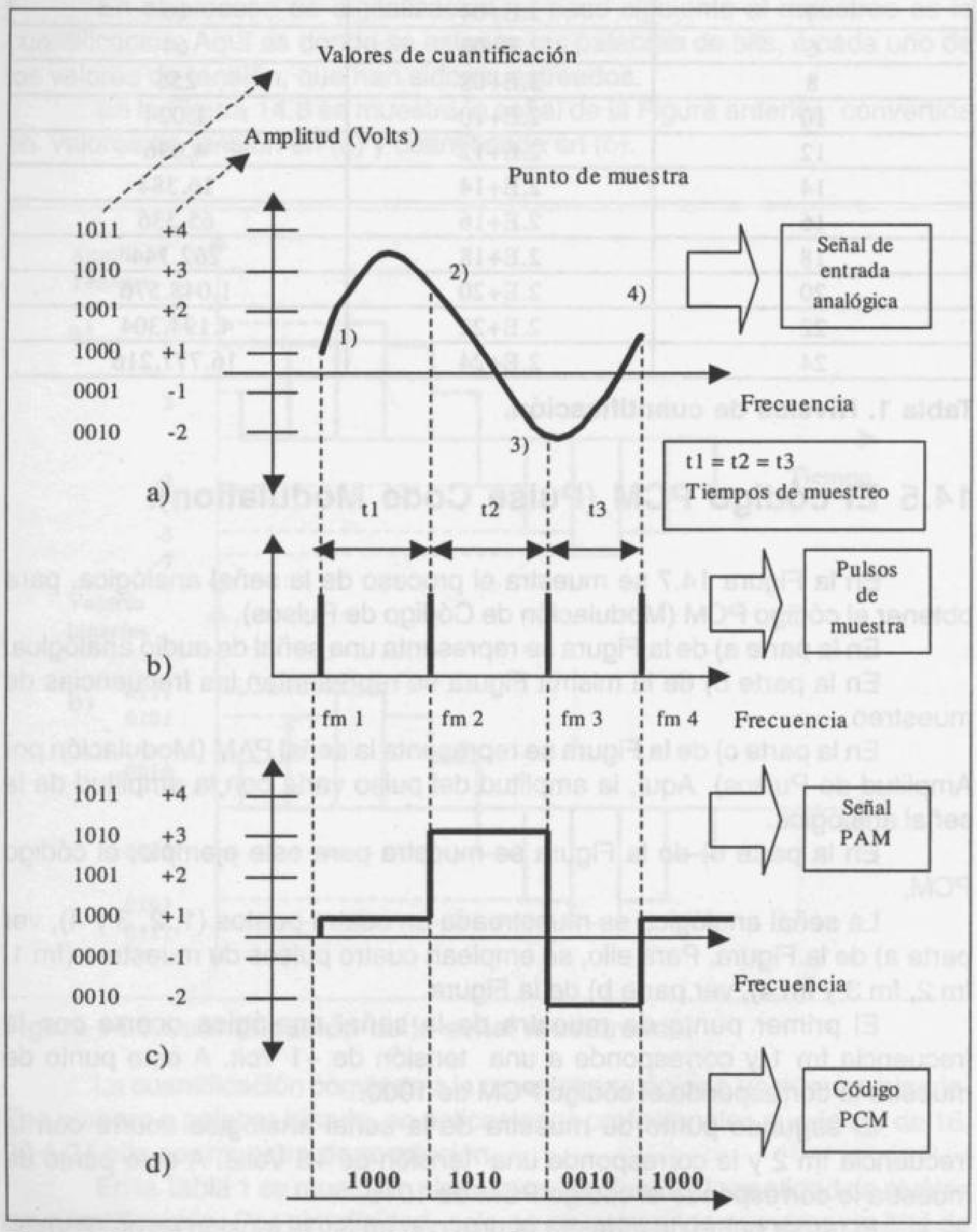


Figura 14.7. Proceso de la señal analógica para obtener el código PCM.

14.6 Señal de audio digital AES/EBU.

Hemos visto que en algunos casos, la señal de entrada a un Compresor de audio MPEG-2 ó Dolby AC-3, es una señal PCM.

Otras veces, la señal de entrada a un Compresor de audio es una señal AES/EBU.

El audio digital AES/EBU fue desarrollado por la AES (Audio Engineering Society) y la EBU (European Broadcasting Union).

Las primeras recomendaciones fueron publicadas en el año 1985 y posteriormente en el año 1992, se introdujeron modificaciones.

El estándar AES/EBU se utiliza en todo tipo de equipos que operan en digital.

El audio digital AES/EBU está formado por un par estéreo o dos canales de audio mono independientes.

Cada muestra es cuantificada a 20 ó 24 bits de resolución.

Cada palabra es formateada en un sub cuadro y estos sub cuadros son multiplexados para formar el flujo AES/EBU digital.

En la Figura 14.8 se representa una estructura de datos AES/EBU.

En un cuadro tenemos dos sub cuadros A y B. Analizando cada uno de ellos vemos que; cada cuadro se compone de 32 bits. De estos, cuatro bits son utilizados para la sincronización, cuatro bits son para datos auxiliares y a continuación tenemos las 20 muestras de datos de audio. Los últimos 4 bits corresponden a los datos asociados.

La interfaz digital AES/EBU acepta frecuencias de muestreo de 32 - 44,1 y 48 KHz.

Cuando se transmite en estéreo, el subcuadro A representa al canal izquierdo y el subcuadro B al canal derecho.

Dos subcuadros forman un cuadro, transportando cada uno de ellos un canal. Se transmiten 192 cuadros por bloque.

Resumiendo; una estructura AES/EBU está compuesta por:

- Un bloque de audio = 192 cuadros
- Un cuadro = 2 Sub cuadros = 64 bits
- Un Sub cuadro = 32 bits

De estos 32 bits tenemos:

- Sincronización : 4 bits
- Datos auxiliares: 4 bits
- Datos de audio: 20 bits
- Datos asociados: 4 bits

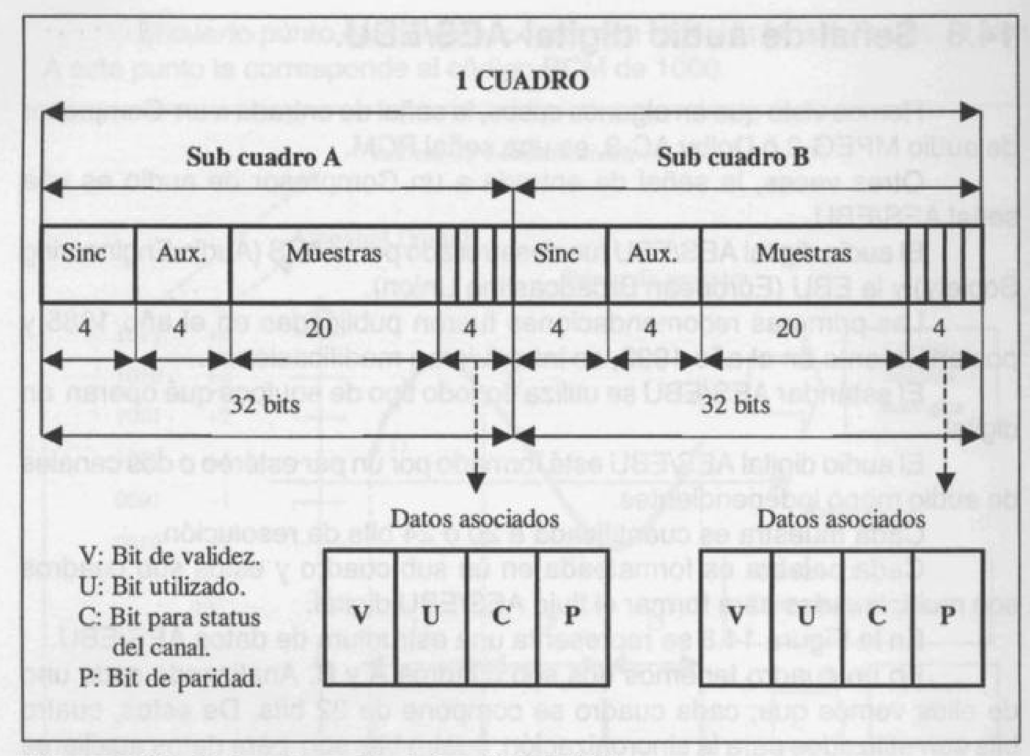


Figura 14.8. Estructura de datos AES/EBU.

Los datos asociados de cada sub cuadro son cuatro a saber:

- **V: Validity.** (Validez). Con un bit de validez se determina si existe algún error en los datos. Si ese bit es 0, la muestra de audio transmitida está libre de error. Por el contrario, si el bit de validez es un 1 esa muestra tiene un error.

- **User data.** (Datos de usuario). Un bit de datos lleva datos correspondientes a ese usuario.

- **Channel status data.** (Datos de status del canal). Este bit es utilizado para la formación de bloques que describen la información acerca del canal y otros parámetros del sistema.

- **Parity bit.** (Bit de paridad). Este bit provee la paridad para el sub cuadro. Cuando un número impar de errores ocurren durante la transmisión, ese bit es detectado.

En la Figura 14.9 se representa el flujo de datos de audio AES/EBU.

Figura 14.9. Flujo de datos AES/EBU.

A continuación, definiremos las palabras de sincronización que van delante de cada sub cuadro.

Palabra de sincronización Z. Con este bit se indica el arranque del primer cuadro del bloque.

Palabra de sincronización Y. Con este bit se indica el arranque de cada sub cuadro B.

Palabra de sincronización X. Con este bit se indica el arranque de los cuadros que faltan.

Un bloque de audio está compuesto por 192 cuadros, como el indicado en la Figura 14.10.
El primer cuadro es el número 0 y el último cuadro es el número 191.

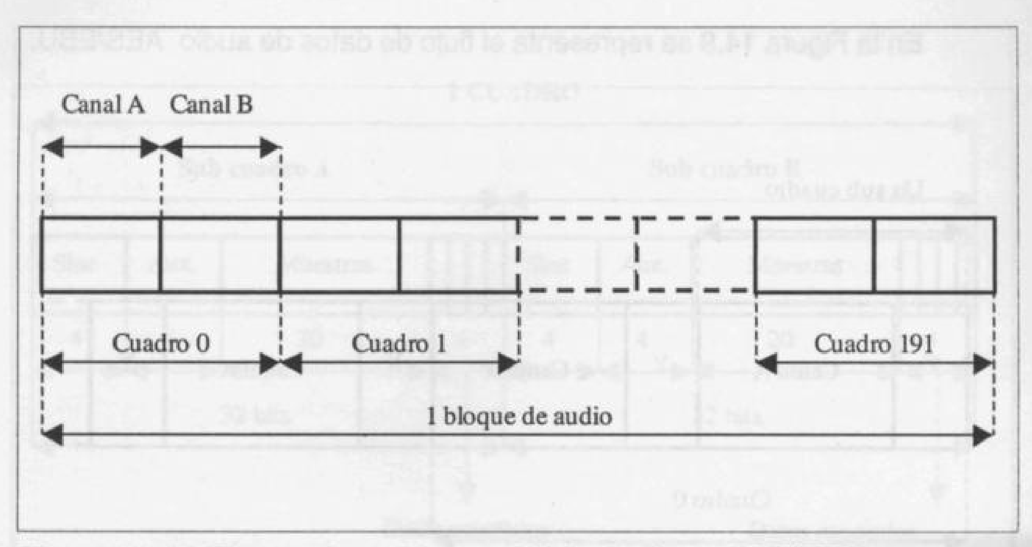


Figura 14.10. Bloque de audio en el flujo de datos AES/EBU.

Capítulo 15

La Compresión de Audio

15

LA COMPRESION DE AUDIO

15.1 Introducción.

En este Capítulo, analizaremos los dos sistemas de compresión de audio, utilizados en Televisión Digital Terrestre.

Ambos sistemas son:

-Sistema de compresión de audio MPEG-2, adoptado por los estándares DVB-T e ISDB-T.

-Sistema de compresión de audio Dolby AC-3, adoptado por el estándar ATSC. También, este sistema de compresión, ha sido adoptado posteriormente por el estándar DVB-T.

15.2 Sistema de compresión de audio.

En la Figura 15.1 se muestra un sistema de compresión de audio. Este no difiere en general del visto anteriormente, para las señales de video, audio y datos.

La distintas señales de audio digitales, ingresan a cada Compresor de Audio para ser comprimidas en el estándar adoptado (MPEG-2 ó Dolby AC-3). A la salida de cada Compresor tenemos formados los PES de audio. Cada uno de estos PES junto a otros PES de video del sistema, se combinan en el Múltiplex de Transporte.

A la salida de este Múltiplex tenemos formado el Flujo de Transporte MPEG-2.

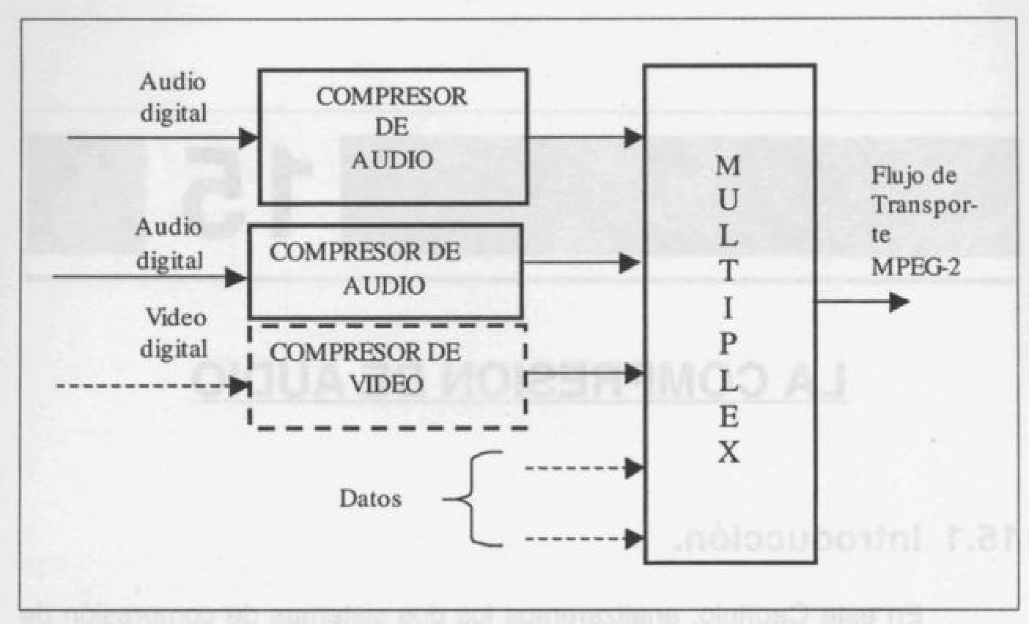


Figura 15.1. Compresión de audio en el sistema.

15.3 Umbral de enmascaramiento.

Para efectuar el proceso de compresión, se aprovechan las deficiencias del oído humano. Para ello se crea un modelo de enmascaramiento denominado psicoacústico. Este modelo, representa una curva de sensibilidad del oído en función de la frecuencia.

Se ha determinado que la máxima sensibilidad del oído se encuentra aproximadamente entre 1 KHz y 5 KHz. Fuera de esas frecuencias, el oído humano no tiene tanta sensibilidad. Aunque el rango audible de la mayoría de las personas es de 20 Hz a 15 KHz.

En la Figura 15.2 a) se representa la curva del umbral de audición en función de la frecuencia.

Esta es obtenida graficando el nivel de presión sonora (dB) en función de la frecuencia (Hz). Esta curva se obtiene cuando se está en zona de silencio, o sea sin ninguna señal perturbadora. Nótese que la curva del umbral abarca todo el espectro.

Esta curva es modificable cuando se está en presencia de cualquier tipo de ruido.

En la Figura 15 b) se obtiene una modificación del umbral por la aplica-

ción de un tono de 1 KHz.

Las señales cuya amplitud se encuentran por debajo de esa curva, no son audibles.

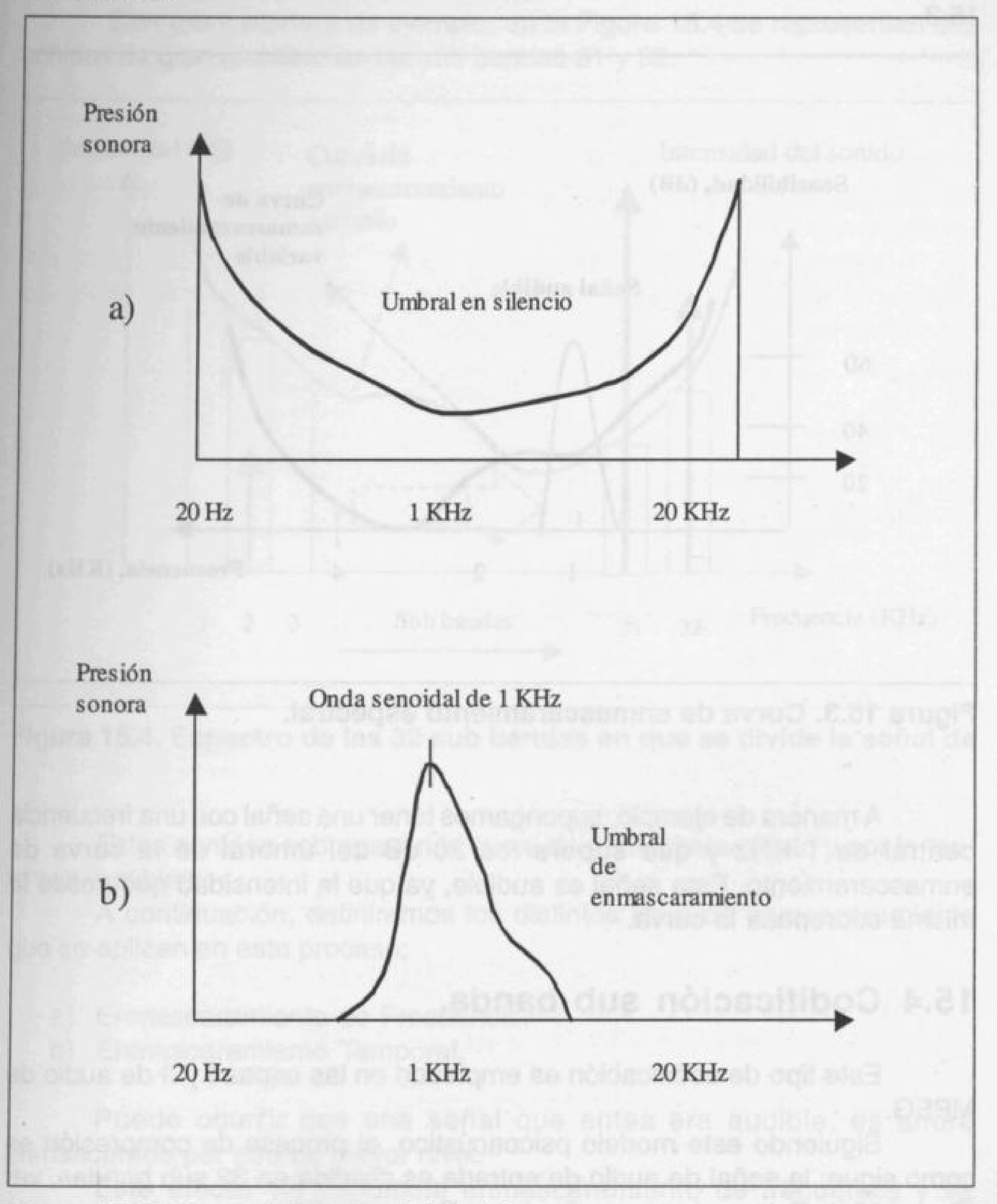


Figura 15.2. Curva del umbral del oído.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

En el proceso de compresión de audio, se aplica una curva de enmascaramiento espectral, que representa el umbral de audición. Todos los sonidos que sobrepasan este umbral en principio son audibles, ver la Figura 15.3.

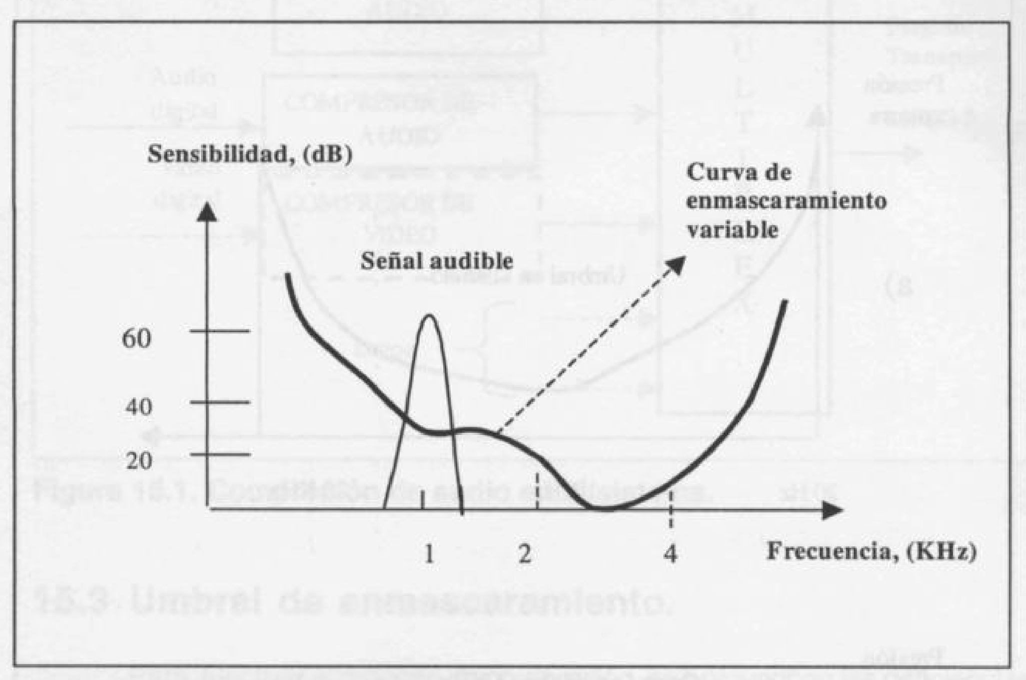


Figura 15.3. Curva de enmascaramiento espectral.

A manera de ejemplo, supongamos tener una señal con una frecuencia central de 1 KHz y que supera los 30 dB del umbral de la curva de enmascaramiento. Esta señal es audible, ya que la intensidad que posee la misma sobrepasa la curva.

15.4 Codificación sub banda.

Este tipo de codificación es empleado en las capas I y II de audio de MPEG.

Siguiendo este modelo psicoacústico, el proceso de compresión es como sigue; la señal de audio de entrada es dividida en 32 sub bandas, ver Figura 15.4. Esto se logra mediante un Banco de Filtros especial, que está compuesto por 32 filtros sub banda.

Los sonidos de cada sub banda que se encuentran por debajo de la curva de enmascaramiento, no son percibidos por el oído humano. En la segunda sub banda se muestra este caso.

Siempre a manera de ejemplo, en la Figura 15.4 se representan dos sonidos de gran amplitud en las sub bandas 31 y 32.

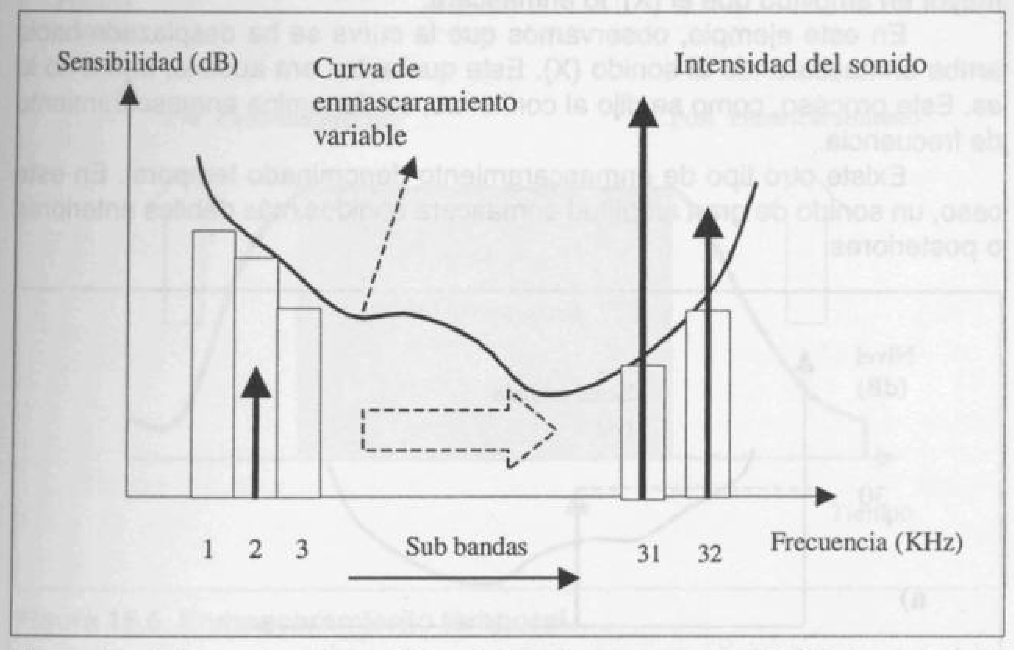


Figura 15.4. Espectro de las 32 sub bandas en que se divide la señal de

Estos sonidos sobrepasan la curva de enmascaramiento y por lo tanto son audibles.

A continuación, definiremos los distintos tipos de enmascaramiento que se aplican en este proceso;

a) Enmascaramiento de Frecuencia.
b) Enmascaramiento Temporal.

Puede ocurrir que una señal que antes era audible, es ahora enmascarada por otra de mayor nivel.

Este efecto se denomina enmascaramiento de frecuencia y es representado en la Figura 15.5.

En la parte a) de la Figura tenemos un sonido de una amplitud de 30 dB a 1 KHz, el cual denominamos (X). En este caso, este sonido es audible, debido a que se encuentra por encima de la curva de enmascaramiento.

En la parte b) de la misma Figura tenemos ahora un nuevo sonido que denominamos (Y), con una amplitud de 45 dB a 0,8 KHz. Este sonido al ser mayor en amplitud que el (X), lo enmascara.

En este ejemplo, observamos que la curva se ha desplazado hacia arriba enmascarando al sonido (X). Este que antes era audible, ahora no lo es. Este proceso, como se dijo al comienzo, se denomina enmascaramiento de frecuencia.

Existe otro tipo de enmascaramiento denominado temporal. En este caso, un sonido de gran amplitud enmascara sonidos más débiles anteriores o posteriores.

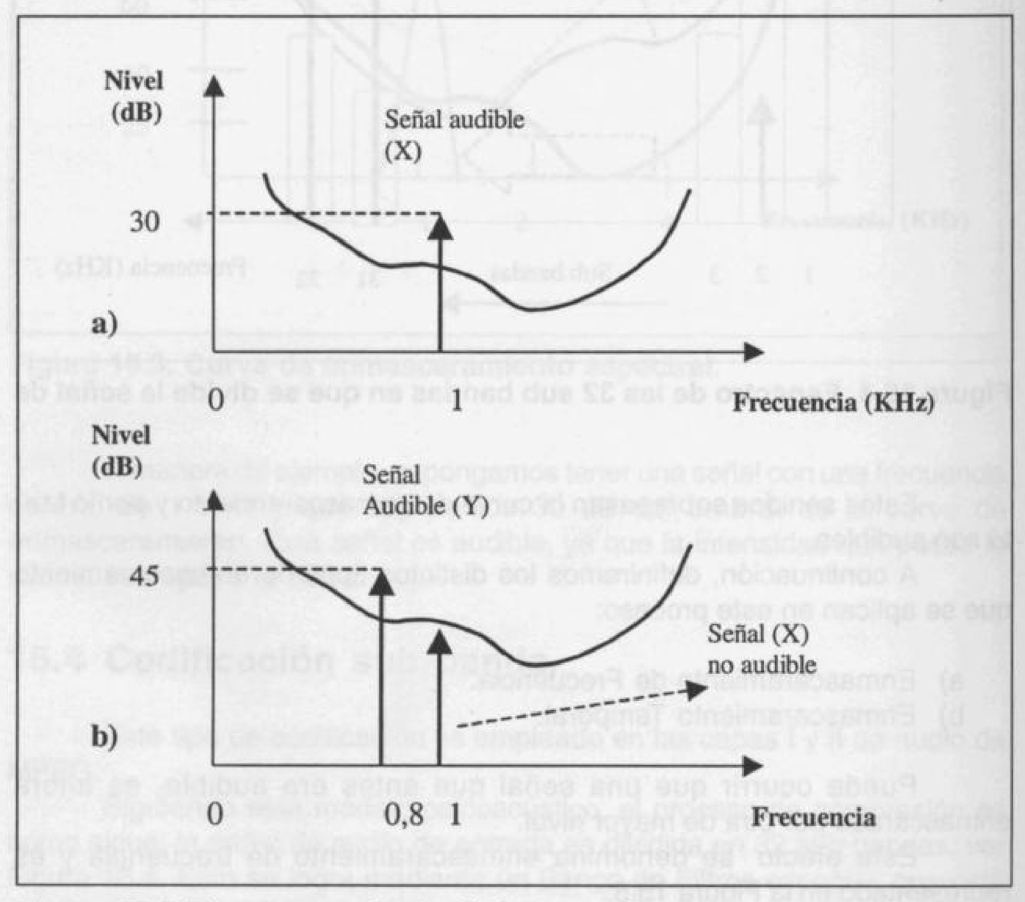


Figura 15.5. Enmascaramiento de frecuencia.

En la Figura 15.6 se muestra este caso. El enmascaramiento comienza antes de la señal y finaliza después de la misma.

Esto constituye el pre y pos enmascaramiento.

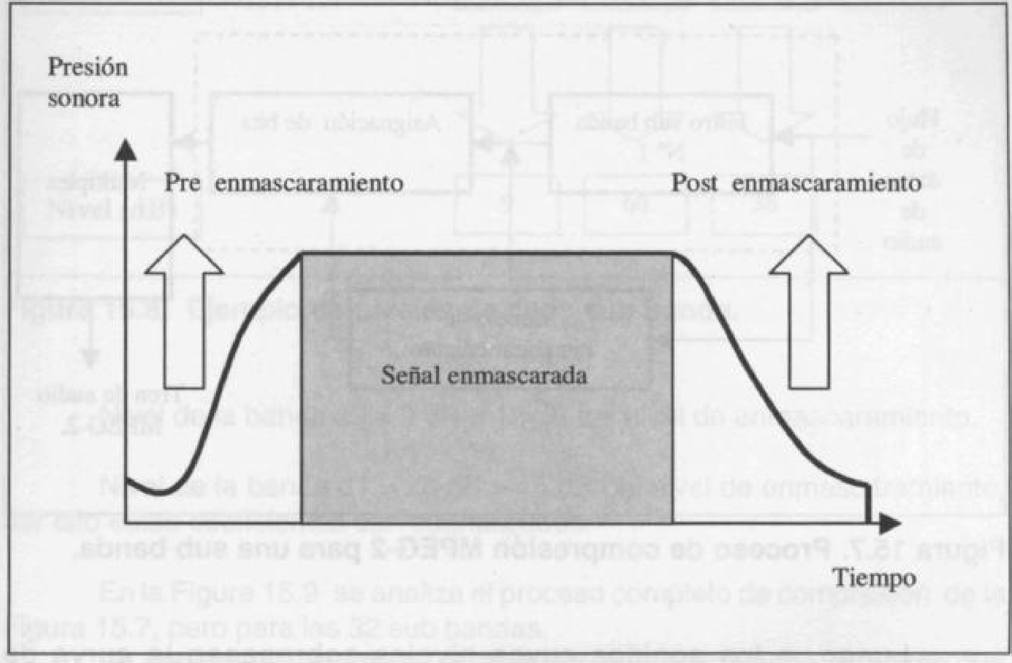


Figura 15.6. Enmascaramiento temporal.

En síntesis, el modelo psicoacústico determina que las señales que se encuentran por debajo de la curva de enmascaramiento, se eliminan. Esto es debido a que no son percibidas por el oyente. Además, permite determinar con que precisión se cuantificará cada una de las sub bandas, de tal manera que el ruido de cuantificación permanezca por debajo del umbral, en esa sub banda en particular.

El proceso de compresión de audio MPEG-2 se ilustra en la Figura 15.7. Por simplicidad, aquí se muestra el proceso para una sub banda.

La señal digital de entrada ingresa a un Banco de Filtros. Este divide el espectro en 32 sub bandas iguales.

A continuación, se determina el nivel de enmascaramiento para cada una de las sub bandas (en este caso la Nº1), utilizando el modelo psicoacústico.

Si la amplitud de un sonido de esa sub banda está por debajo de la curva de enmascaramiento, se ignora y no se comprime

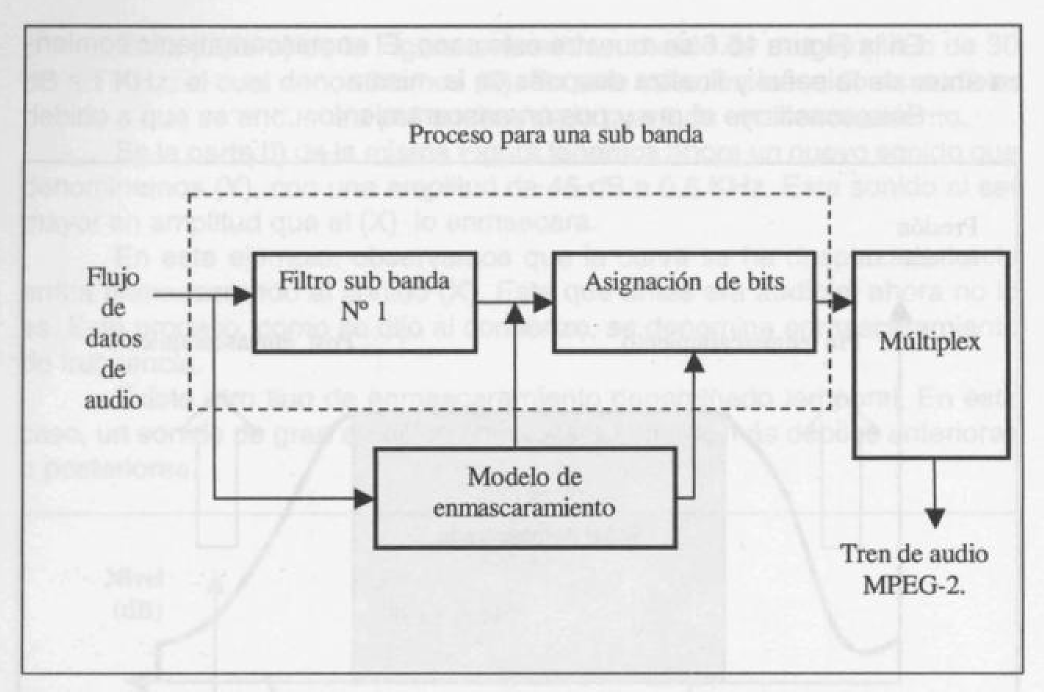


Figura 15.7. Proceso de compresión MPEG-2 para una sub banda.

Luego, a los sonidos cuyos niveles sobrepasan la curva de enmascaramiento, se les asigna el número de bits correspondiente.

Una vez efectuada la Cuantificación (asignación de bits), los sonidos cuantificados de esta sub banda serán combinados en un Múltiplex con los sonidos cuantificados de las otras 31 sub bandas, para obtener a la salida el tren de datos MPEG-2 de audio. Luego, este tren se combinará en el sistema con otros trenes de video y audio en un Múltiplex de Transporte.

Veamos un ejemplo más simple de como es el proceso de la compresión de audio MPEG-2.

A manera de ejemplo, de las 32 sub bandas en que se divide el espectro de la señal de entrada, mostramos por simplicidad tres de ellas con sus respectivos niveles, ver Figura 15.8.

La banda Nº 30 por ejemplo, tiene sonidos con un nivel de 60 dB. El enmascaramiento supongamos es de 12 dB en la banda Nº 29 y de 15 dB en la banda Nº 31.

Para este ejemplo, los niveles en las bandas son:

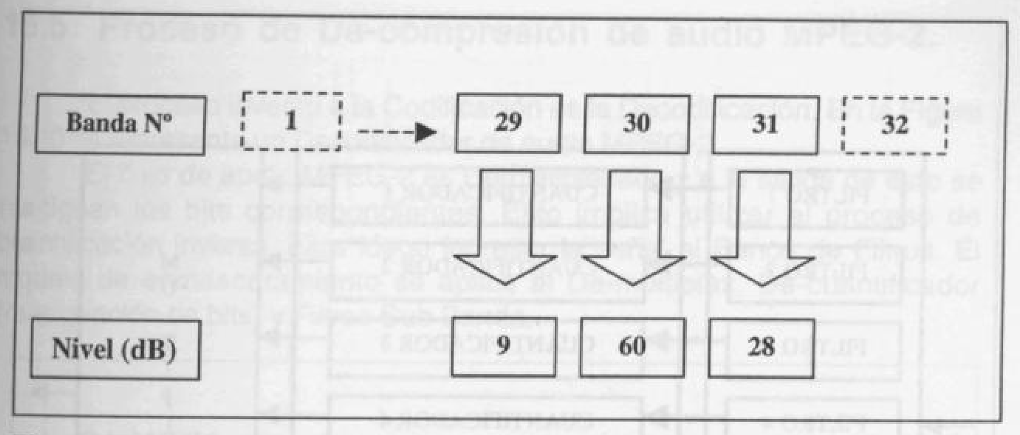


Figura 15.8. Ejemplo de niveles de cada sub banda.

Nivel de la banda 29 = 9 dB < 12 dB del nivel de enmascaramiento.

Nivel de la banda 31 = 28 dB > 15 dB del nivel de enmascaramiento, por ello estos coeficientes son cuantificados.

En la Figura 15.9 se analiza el proceso completo de compresión de la Figura 15.7, pero para las 32 sub bandas.

En general, el sistema de compresión posee un Banco de Filtros que divide el espectro de entrada en 32 sub bandas.

Para cada una de estas sub bandas tenemos un Cuantificador, teniendo en total 32 cuantificadores con sus respectivos asignadores de bits.

Cada Cuantificador asignará más o menos bits, de acuerdo a las características de las señales en esa sub banda y a la relación de compresión que se quiere obtener.

El asignador de bits estima el umbral de enmascaramiento mediante el modelo psicoacústico y asigna los bits correspondientes a cada sub banda.

Cada una de las sub bandas es cuantificada con la presición indicada por el asignador de bits.

Luego, se determina el nivel de enmascaramiento para cada una de las sub bandas, utilizando el modelo psicoacústico.

Este modelo controla los Filtros Sub Banda de entrada, los Cuantificadores y el Múltiplex.

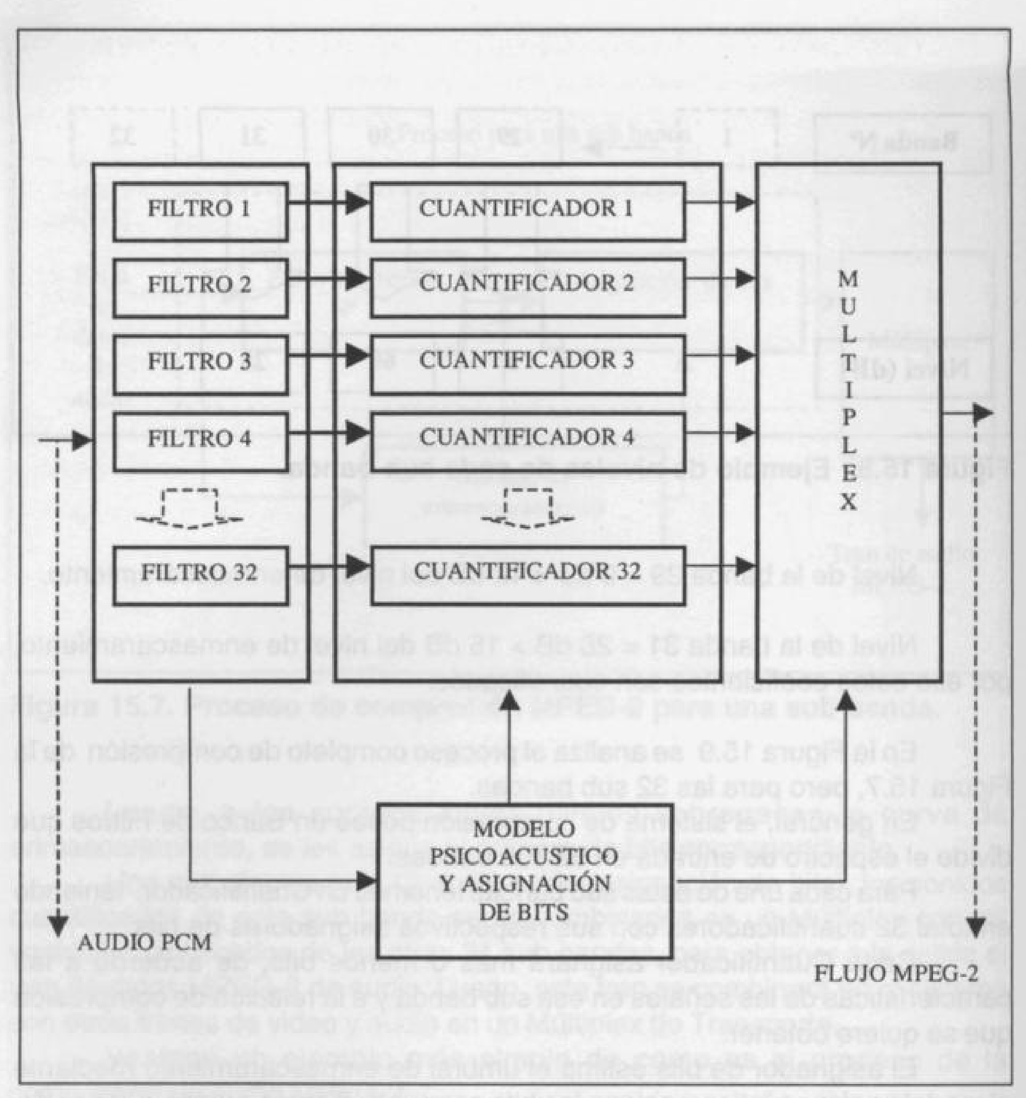


Figura 15.9. Diagrama simplificado de un Compresor de Audio MPEG-2.

Este tipo de codificación, se emplea como habíamos mencionando en las capas I y II de audio de MPEG.

Para la capa III de audio se emplea una codificación distinta. Aquí se aplica la Transformada del Coseno Discreto y la Tabla de Huffman, al igual que en la compresión de video.

15.5 Proceso de De-compresión de audio MPEG-2.

El proceso inverso a la Codificación es la Decodificación. En la Figura 15.10 se representa un Decodificador de audio MPEG-2.

El flujo de audio MPEG-2 es Demultiplexado y a la salida de este se reasignan los bits correspondientes. Esto implica utilizar el proceso de cuantificación inversa, para luego ingresar la señal al Banco de Filtros. El modelo de enmascaramiento se aplica al De-múltiplex, De-cuantificador (reasignación de bits) y Filtros Sub Banda.

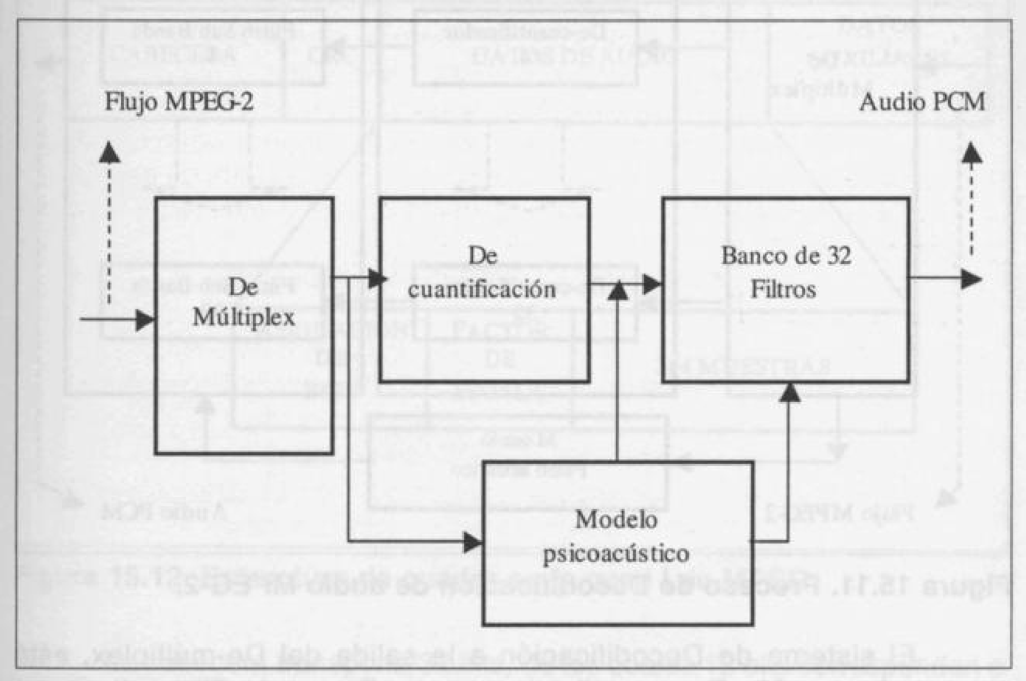


Figura 15.10. Proceso de Decodificación.

Las 32 sub bandas son decodificadas de acuerdo al modelo psicoacústico empleado en la codificación.

Los flujos decuantificados de cada banda ingresan al Banco de Filtros (inverso). A la salida de este se obtiene una sola banda, que es el espectro original de audio en PCM.

En la Figura 15.11, se muestra un modelo de Decodificador MPEG-2 más detallado que el de la Figura 15.10.

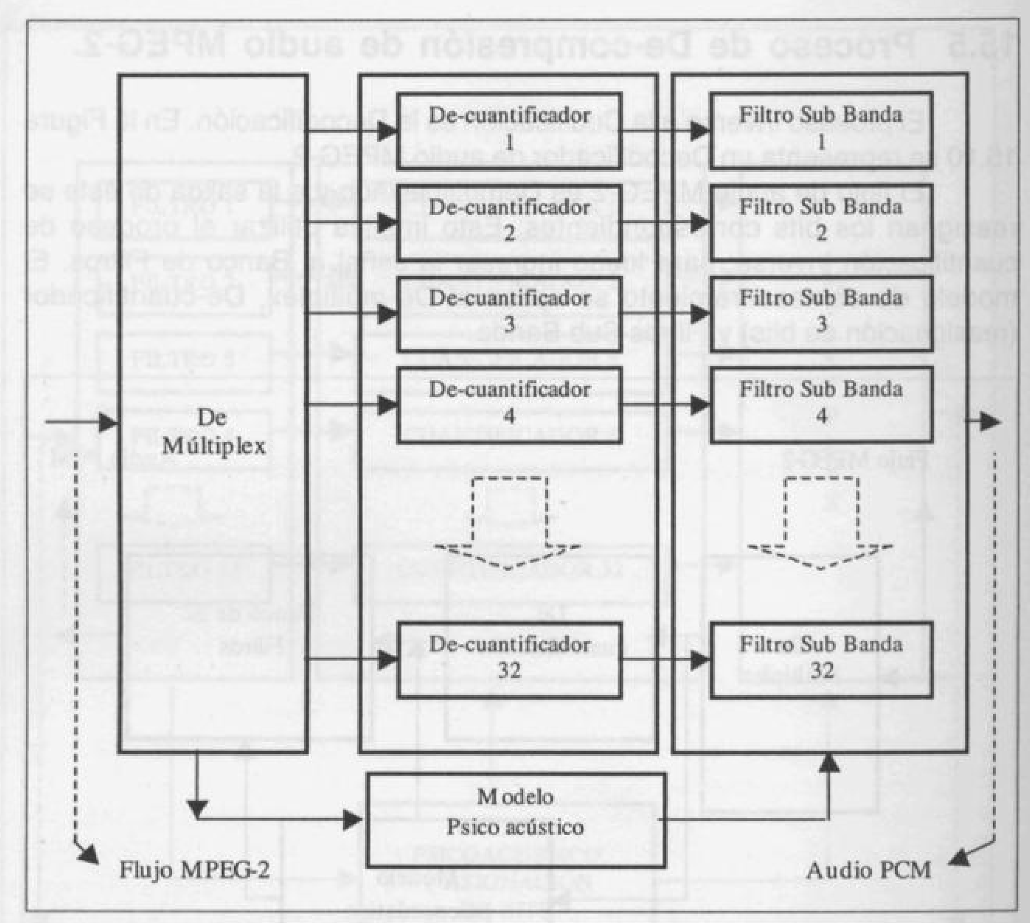


Figura 15.11. Proceso de Decodificación de audio MPEG-2.

El sistema de Decodificación a la salida del De-múltiplex, está compuesto por 32 De-cuantificadores y un Banco de Filtros (inverso) compuesto por 32 Filtros Sub Banda. El proceso de funcionamiento es igual al de la Figura 15.10.

15.6 Estructura del cuadro de audio en las capas de MPEG.

En el proceso de compresión MPEG, el audio es estructurado en cuadros. En la capa I la estructura del cuadro es la indicada en la Figura 15.12.

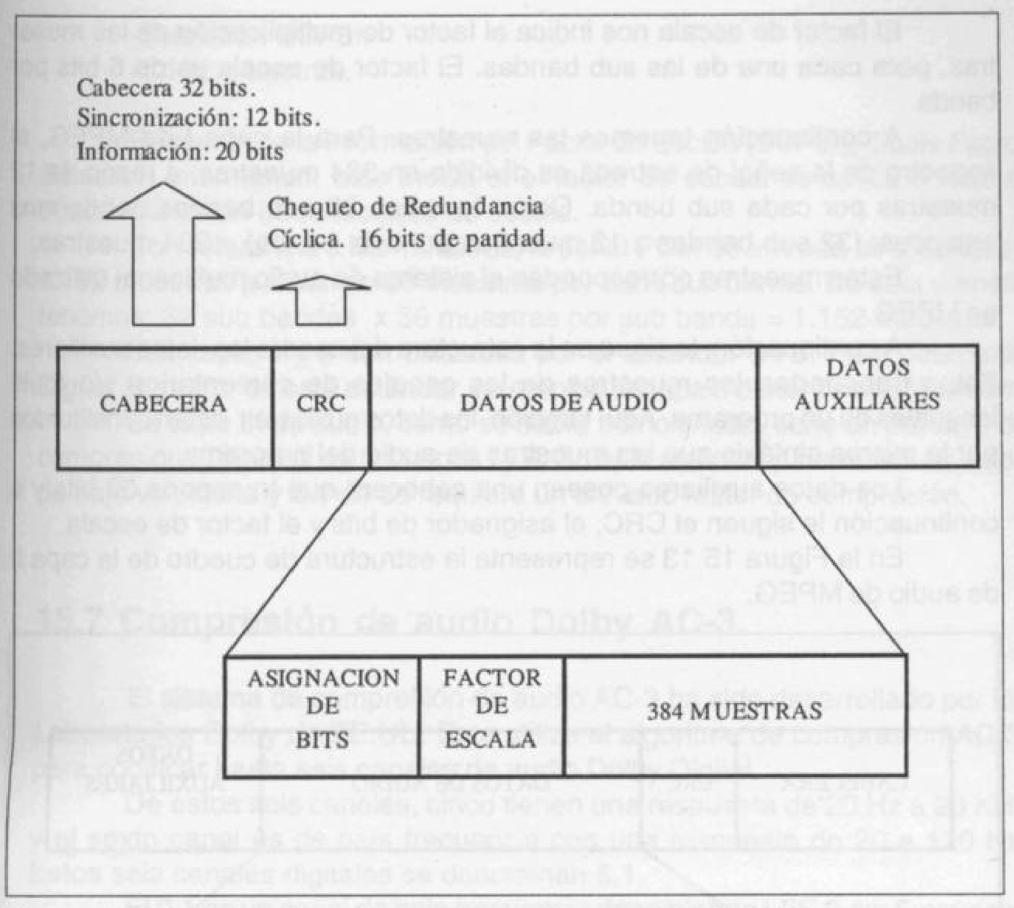


Figura 15.12. Estructura de cuadro en la capa I de MPEG.

La cabecera transporta 32 bits, de los cuales 12 bits corresponden a la sincronización y 20 bits a la información del sistema.

Para la detección de errores, el Chequeo de Redundancia Cíclica (CRC) emplea 16 bits de paridad.

En esta estructura de cuadro, los datos de audio comprenden;

- Asignación de bits.
- Factor de escala.
- Muestras.

El asignador de bits, define la resolución con la cual se codificará cada una de las sub bandas. Estas se codifican de 0 a 15 bits por banda.

El factor de escala nos indica el factor de multiplicación de las muestras, para cada una de las sub bandas. El factor de escala es de 6 bits por banda.

A continuación tenemos las muestras. Para la capa I de MPEG, el espectro de la señal de entrada es dividido en 384 muestras, a razón de 12 muestras por cada sub banda. Como tenemos 32 sub bandas, tendremos entonces; (32 sub bandas x 12 muestras por sub banda) = 384 muestras.

Estas muestras corresponden al sistema de audio multicanal utilizado en MPEG.

A continuación, le sigue en la estructura del cuadro los datos auxiliares. Estos transportan las muestras de los canales de comentarios y/o multi lenguajes de un programa. Aquí también, los datos auxiliares están constituídos por la misma sintáxis que las muestras de audio del programa.

Los datos auxiliares poseen una cabecera que transporta 32 bits y a continuación le siguen el CRC, el asignador de bits y el factor de escala.

En la Figura 15.13 se representa la estructura de cuadro de la capa II de audio de MPEG.

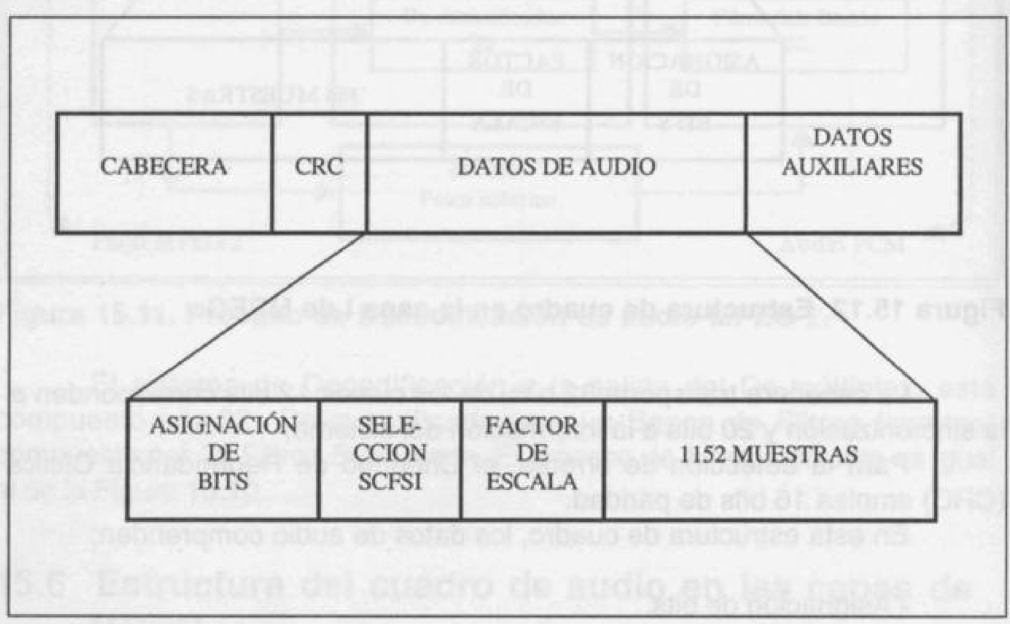


Figura 15.13. Estructura de cuadro en la capa II de MPEG.

La estructura de cuadro de la capa II es similar a la estructura de cuadro de la capa I, con algunas diferencias a saber;

-Selección SCFSI.
-1.152 muestras.

Respecto de la Información del Factor de Escala (SCFSI), Scale Factor Selection Information, este indica si el factor de escala se aplica a todo el cuadro o existen otros factores de escala.

Con referencia a las muestras, la señal PCM de entrada es dividida en 1.152 muestras a razón de 36 muestras por cada sub banda. De esta manera tenemos; 32 sub bandas x 36 muestras por sub banda = 1.152 muestras.

Las capas I y II son utilizadas por el estándar DVB. Para Televisión Digital Terrestre de este estándar, se emplea la capa II denominada Musicam.

La capa III de audio, como se había mencionado, tiene un proceso de compresión distinto al de las capas I y II. Su aplicación es para redes de datos de baja velocidad y donde se requiere un elevado factor de compresión.

15.7 Compresión de audio Dolby AC-3.

El sistema de compresión de audio AC-3 ha sido desarrollado por los Laboratorios Dolby de EE.UU. Este utiliza el algoritmo de compresión AC-3, para codificar hasta seis canales de audio Dolby Digital.

De estos seis canales, cinco tienen una respuesta de 20 Hz a 20 KHz y el sexto canal es de baja frecuencia con una respuesta de 20 a 120 Hz. Estos seis canales digitales se denominan 5.1.

El 0.1 es un canal de baja frecuencia denominado LFE (Low Frecuency Effects).

La separación entre los distintos canales es de 90 dB.

Los seis canales de entrada al Compresor son los siguientes:

Estéreo Izquierdo	Estéreo Derecho	Central	Surraund Izquierdo	Surraund Derecho	Canal de baja frecuencia

En la Figura 15.14 se representan los seis canales a través de un Compresor AC-3.

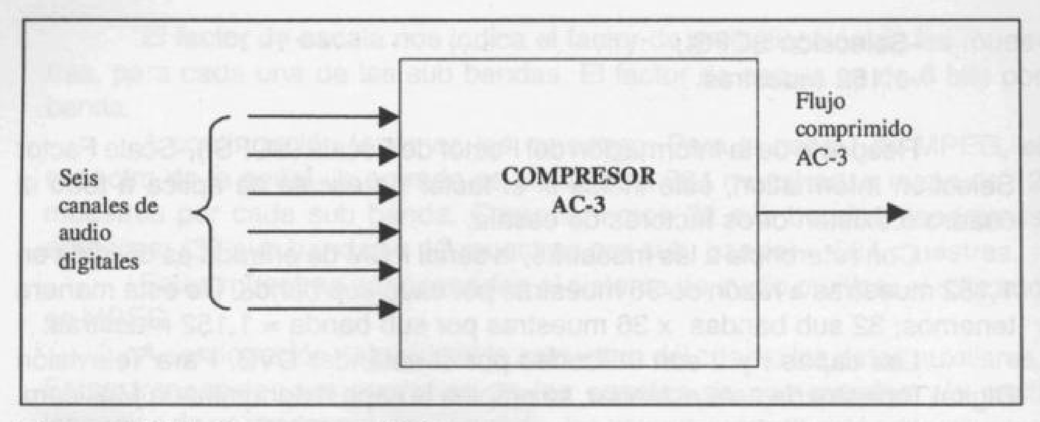


Figura 15.14. Compresor AC-3.

Cada uno de estos canales tiene una velocidad binaria que viene dada por;

Velocidad binaria = Frecuencia de muestreo x cantidad de bits por muestra de resolución.

Esta señal, ha sido muestreada con una frecuencia de muestreo de 48 KHz y cuantificada a una resolución de 20 bits por muestra. Entonces, la velocidad binaria será en este caso;

Velocidad binaria por canal = 48 KHz x 20 bits = 960 Kbps

Velocidad binaria 6 canales = 960 KHz x 6 = 5,76 Mbps.

Esta es la velocidad total de los seis canales de audio.

A la salida del Compresor tenemos un flujo comprimido en AC-3 de 384 Kbps. Este flujo está compuesto por los seis canales comprimidos.

La Relación de Compresión (RC) aplicada en este caso es:

RC = Velocidad de entrada/Velocidad de salida (KHz) = 5.760 /384 = 15

RC = 15:1

Para este ejemplo, se ha aplicado una Relación de Compresión de 15:1.

15.8 Generalidades del sistema de audio en el estándar ATSC.

En la Figura 15.15 se representa un sub sistema de audio dentro del estándar de Televisión Digital Terrestre ATSC.

A la salida del Compresor tenemos las seis señales de audio comprimidas, en un flujo elemental de bits. Este flujo junto a otros flujos de audio, se paquetizan y multiplexan en el Sub Sistema de Transporte.

Este Flujo de Transporte, a la salida del Sub Sistema de Transporte, es modulado en 8-VSB.

La decodificación en el receptor provee el proceso inverso que el efectuado en la transmisión.

La señal es demodulada en el Sub Sistema de Recepción y luego se depaquetizan los flujos en el De-múltiplex. De esta manera, los paquetes de transporte se convierten en paquetes PES y a continuación, se convierten en flujos elementales de audio. Luego, las señales se Decodifican o Decomprimen, para volver a obtener el audio original.

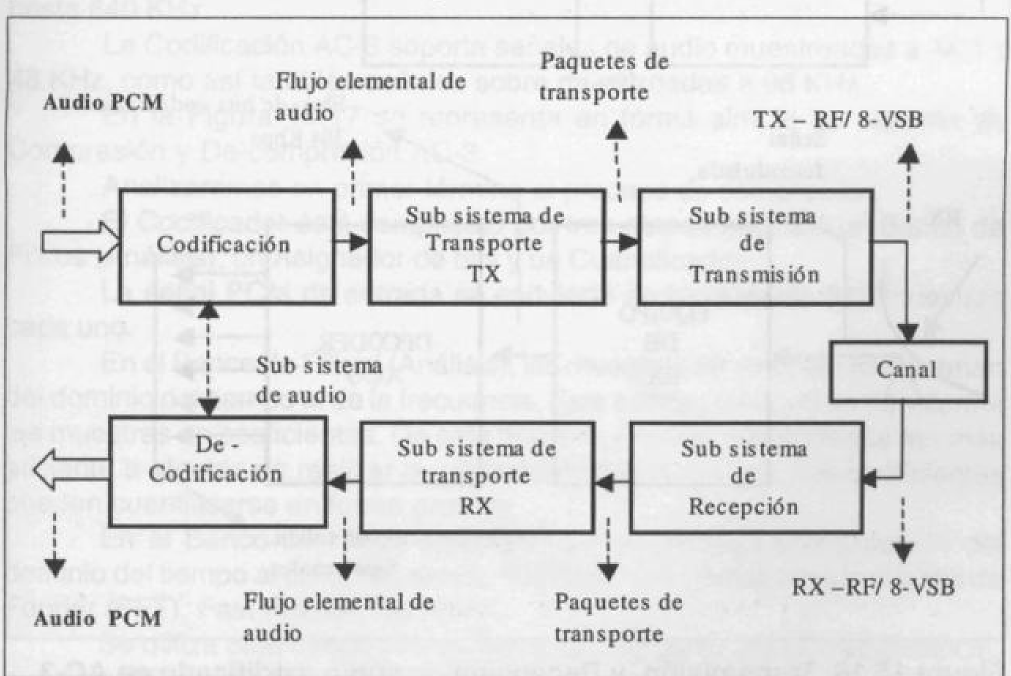


Figura 15.15. Sub sistema de audio en el estándar ATSC.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

15.9 Codificación AC-3 utilizada para Satélite.

Para sistemas de Satélite, también se emplea la compresión AC-3. En la Figura 15.16 se muestra una aplicación típica de un sistema de Codificación y Decodificación AC-3, utilizado para sistemas satelitales.

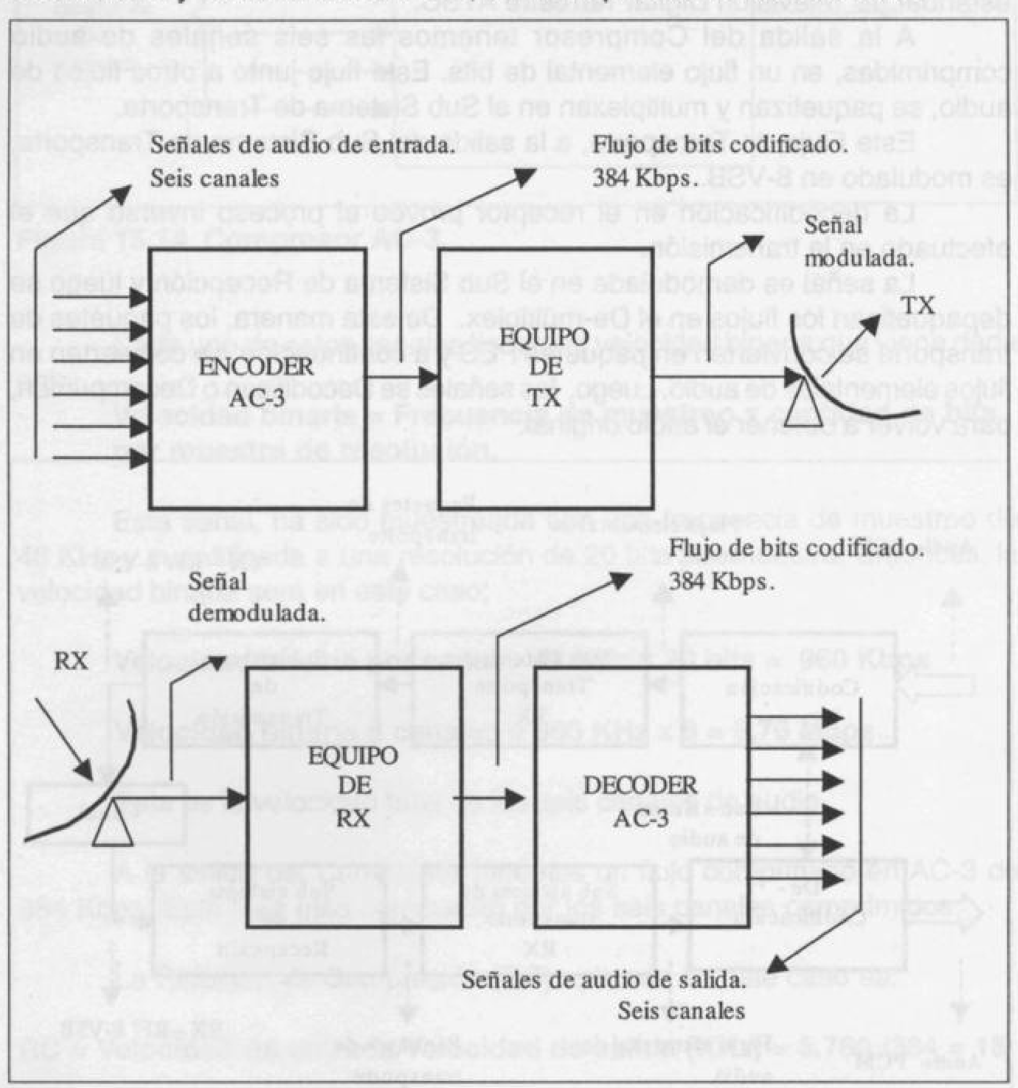


Figura 15.16. Transmisión y Recepción de audio codificado en AC-3 para Satélite.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

El Encoder es representado como un bloque. Este efectúa el proceso de Compresión y Múltiplex de las seis señales de audio de entrada. Estas señales una vez codificadas, ven reducida su velocidad binaria a 384 Kbps. Ese flujo es el que se modula y transmite al Satélite.

En el Decodificador, se efectua el proceso inverso. Se recibe la señal por Satelite, mediante un equipo de recepción y ese flujo de 384 Kbps es ahora decodificado y demultiplexado, para volver a obtener las seis señales de audio originales.

15.10 El sistema de compresión AC-3.

El sistema de compresión AC-3 emplea un algoritmo de compresión digital que provee alta ganancia de codificación.

Como se había mencionado anteriormente, el sistema de compresión de Audio AC-3, puede comprimir seis canales de audio desde una fuente PCM o AES/EBU. Estos datos comprimidos representan un flujo de bits serie de 32 hasta 640 KHz.

La Codificación AC-3 soporta señales de audio muestreadas a 44,1 y 48 KHz, como así también señales sobre muestreadas a 96 KHz.

En la Figura 15.17 se representa en forma simple un sistema de Compresión y De-compresión AC-3.

Analizaremos en primer término el proceso de compresión.

El Codificador está compuesto por tres etapas básicas; un Banco de Filtros (Análisis), un Asignador de bits y un Cuantificador.

La señal PCM de entrada se convierte en bloques de 512 muestras cada uno.

En el Banco de Filtros (Análisis), las muestras de audio se transforman del dominio del tiempo al de la frecuencia. Este cambio de dominio transforma las muestras en coeficientes. De esta manera, la codificación resulta ser más eficiente a efectos de realizar la compresión psicoacústica. Los coeficientes pueden cuantificarse en forma grosera.

En el Banco de Filtros (Análisis), se efectúa la transformación del dominio del tiempo al de la frecuencia, mediante una Transformada Rápida de Fourier (FFT), Fast Fourier Transform.

Se utiliza esta transformada, pues permite quitar toda la redundancia, que se había introducido durante el proceso de creación de los bloques.

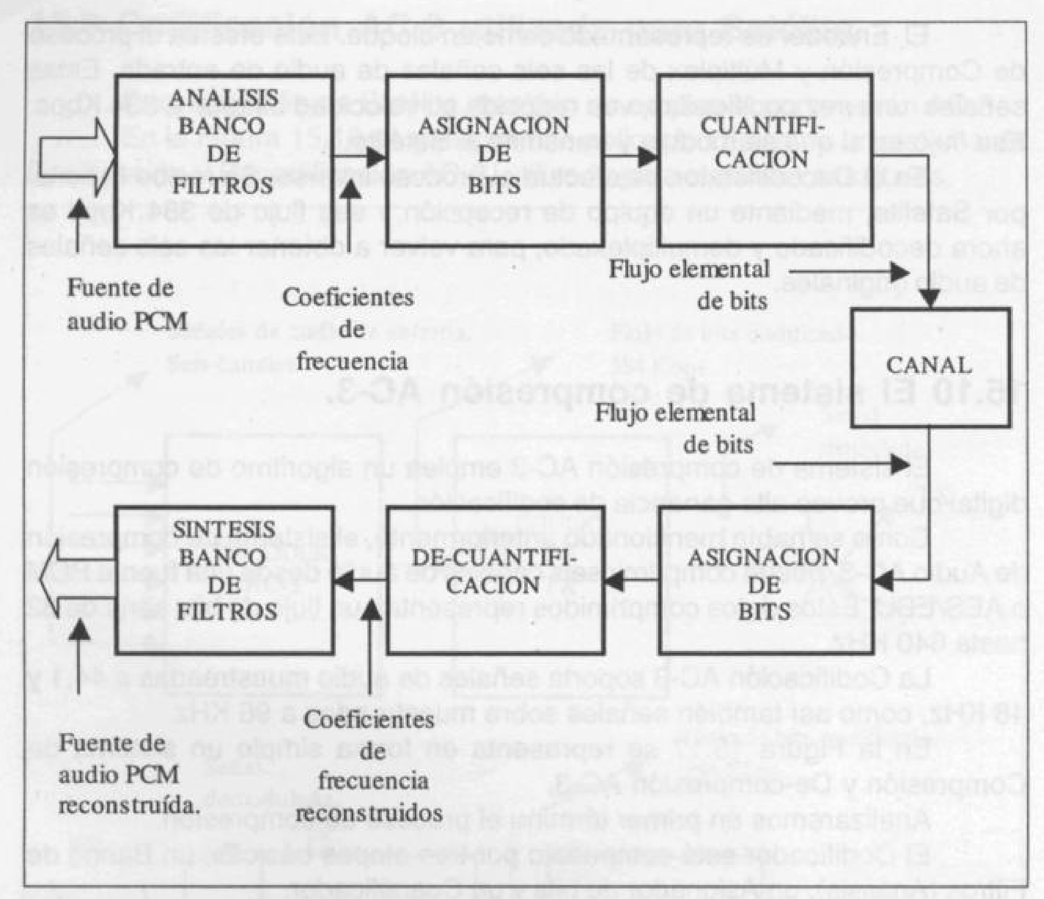


Figura 15.17. Sistema de Compresión y De-compresión AC-3.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

En la segunda etapa del Codificador se efectúa la asignación de bits. Esta asignación, determina la relación Señal a Ruido (S/N) que se aplicará a cada coeficiente de frecuencia.

En la etapa siguiente, se cuantifican los coeficientes con la precisión necesaria, para formar el flujo de bits AC-3 codificado.

En el Decodificador se realiza el proceso inverso. Los coeficientes se de-cuantifican del flujo elemental de bits, dando como resultado los coeficientes de frecuencia.

En el Banco de Filtro (Síntesis), se efectúa el proceso inverso al del Banco de Filtros (Análisis). Este convierte los coeficientes de frecuencia a muestras en el dominio del tiempo.

15.11 Banco de Filtros (Análisis).

El sistema de compresión AC-3 emplea un Banco de Filtros (Análisis) a la entrada. Este Banco tiene dos funciones; en primer lugar las muestras de la señal de entrada son convertidas del dominio del tiempo al de la frecuencia. En segundo lugar, en este Banco se efectúa una notación de punto flotante, como se verá luego.

En la Figura 15.18 se representan los bloques de muestras formados a partir de la señal PCM de entrada. Cada uno de estos bloques tiene 512 muestras superpuestas. Por cada 256 nuevas muestras, se forma un nuevo bloque con estas muestras y las 256 muestras previas.

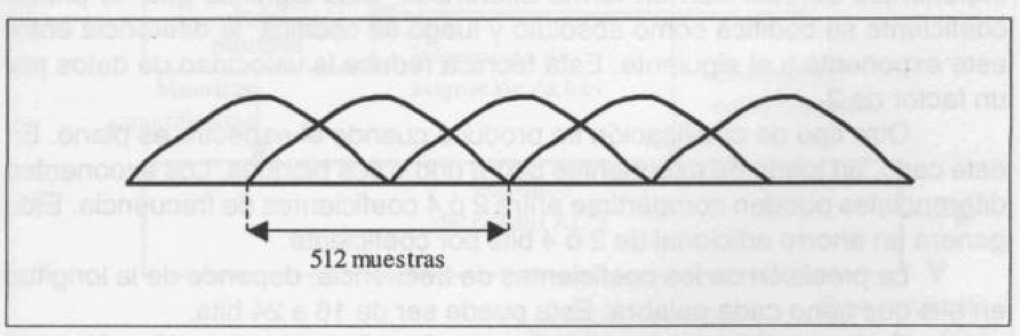


Figura 15.18. Bloques de muestras que se forman a partir de la señal de entrada.
Reproducida con permiso de TEKTRONIX.

En el mismo Banco de Filtros (Análisis), además de la transformación del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, como habíamos mencionado, se realiza con los coeficientes una notación binaria de punto flotante.

A manera de ejemplo, una palabra de 16 bits en notación binaria con base 2 es;

0,0000 0000 1011 0010

El número inicial de ceros (en este caso ocho), se convierten en el exponente y el valor de la derecha (8 bits), se convierte en la mantisa. Esta será cuantificada en forma grosera.

Los exponentes y las mantisas se codifican en el flujo de bits del cuadro de sincronismo AC-3.

15.12 Codificación de los exponentes y las mantisas.

A efectos de reducir la cantidad de bits, se codifican los exponentes y las mantisas. Analizaremos primero el caso de los exponentes, el cual pueden tener distintas alternativas en el proceso.

En primera instancia, puede ocurrir que al examinar los seis bloques de audio del cuadro AC-3, se encuentren pequeñas diferencias entre los distintos exponentes. En este caso, habrá una reducción de la cantidad de datos a codificar por un factor de 6.

En segunda instancia, puede ocurrir que existan diferencias significativas entre los distintos exponentes de los bloques. En este caso, los exponentes se codifican en forma diferencial. Esto significa que el primer coeficiente se codifica como absoluto y luego se codifica la diferencia entre este exponente y el siguiente. Esta técnica reduce la velocidad de datos por un factor de 2.

Otro tipo de codificación se produce cuando el espectro es plano. En este caso, un juego de exponentes cubre uno o dos bloques. Los exponentes diferenciales pueden compartirse entre 2 ó 4 coeficientes de frecuencia. Esto genera un ahorro adicional de 2 ó 4 bits por coeficiente.

La precisión de los coeficientes de frecuencia, depende de la longitud en bits que tiene cada palabra. Esta puede ser de 16 a 24 bits.

Cada mantisa es cuantificada entre 0 y 16 bits. La cuantificación está determinada por la asignación de bits.

En la Figura 15.19 se representa un Codificador de audio AC-3. Este diagrama es más completo que el Codificador de la Figura 15.17.

Podemos apreciar que en el Banco de Filtros (Análisis), ademas de la transformación del dominio del tiempo al de la frecuencia mediante una Transformada Rápida de Fourier, también se aplica una notación de punto flotante. En esta notación, se genera para cada coeficiente un exponente y una mantisa.

Los exponentes son codificados en forma grosera de acuerdo una codificación sobre espectral. Este sobre espectro, es el corazón de la asignación de bits y es utilizado para determinar la cantidad de bits que utilizará cada mantisa.

El sobre espectro y la cuantificación grosera de las mantisas para los seis bloques de audio, son formateados en un cuadro AC-3.

En este flujo tenemos el cuadro codificado, que es un cuadro de sincronismo AC-3. Este cuadro está compuesto por seis bloques y un total de 1.536 muestras.

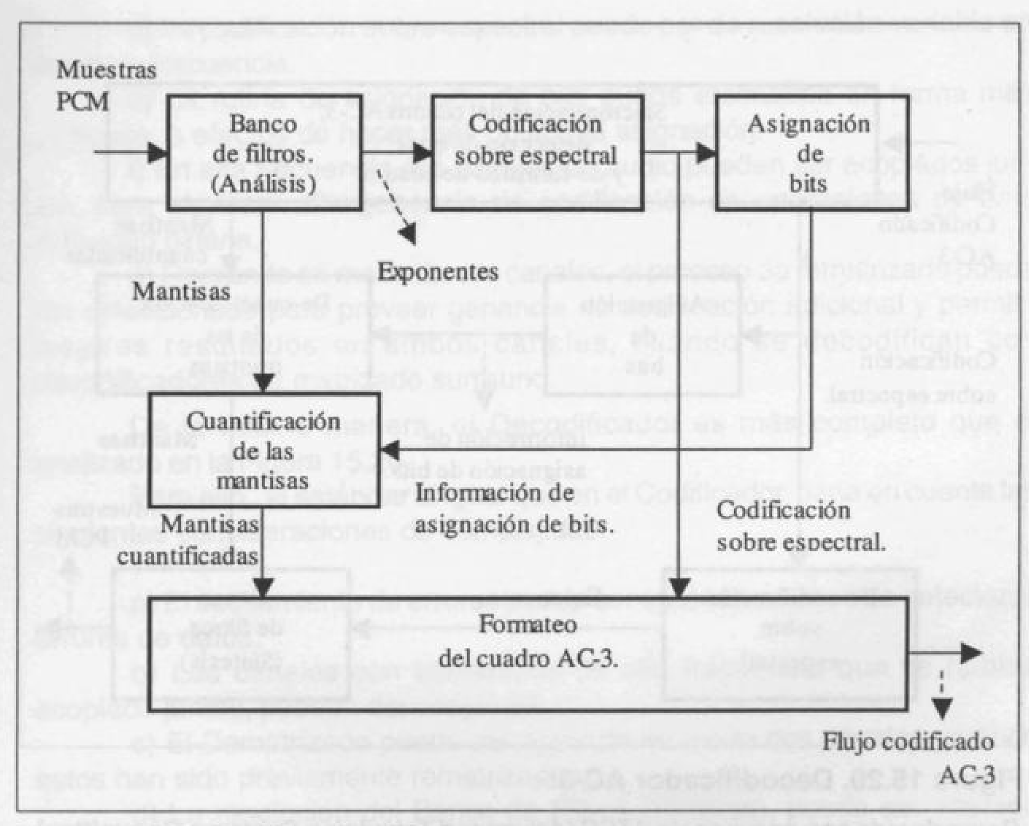


Figura 15.19. Codificador AC-3.

Reproducida con permiso de ATSC, (Advanced Television Systems Committee).

En la Figura 15.20 se representa el diagrama de un Decodificador AC-3. Este es un poco más completo que el detallado en la Figura 15.17.

El proceso realizado en el Decodificador, es el inverso al realizado en el Codificador.

El flujo de datos codificado AC-3 se deformatea en una codificación sobre espectral y mantisas cuantificadas.

Se aplica la rutina de asignación de bits y el resultado es un desempaquetamiento y una de-cuantificación de las mantisas. El sobre espectro es decodificado para producir los exponentes.

Los exponentes y las mantisas son transformados en el Banco de Filtros (Síntesis), del dominio de la frecuencia (coeficientes) al dominio del tiempo (muestras). Esto es a efectos de producir la decodificación de las muestras en PCM.

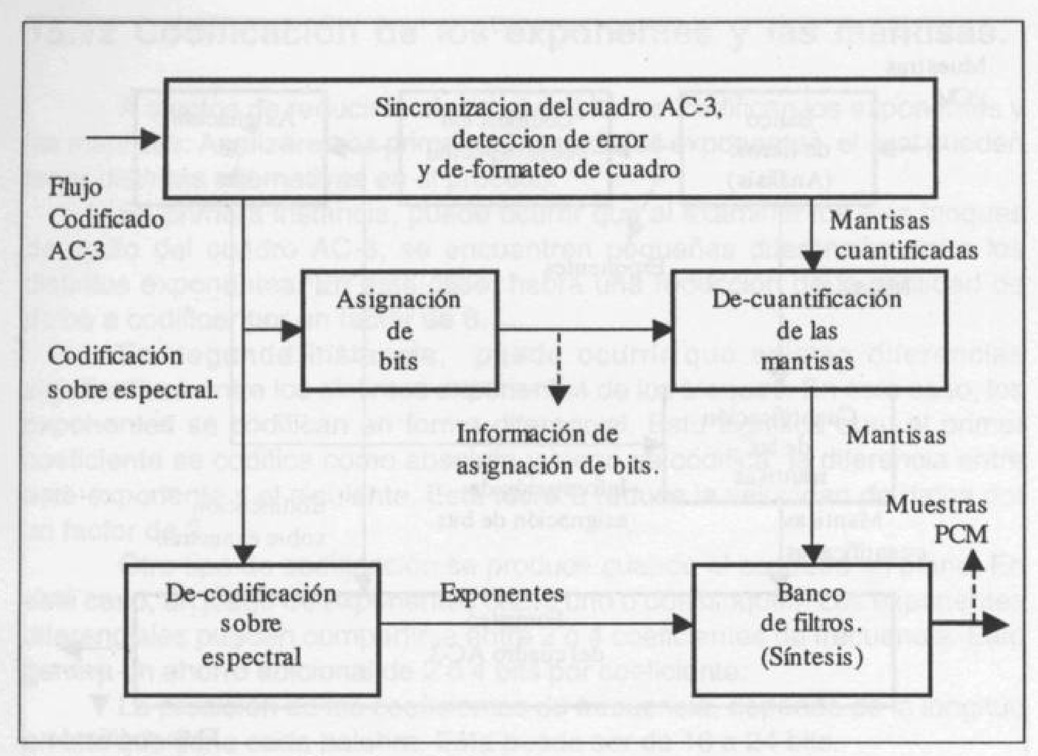


Figura 15.20. Decodificador AC-3.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

De acuerdo al estándar de compresión de audio ATSC (Revisión A), el Codificador es más complejo que el analizado en la Figura 15.19.

Para ello, el estándar tiene en cuenta las siguientes consideraciones de complejidad:

a) Al flujo codificado AC-3, se le agrega una cabecera que lleva información sobre la relación de muestreo utilizada, velocidad binaria, número de canales codificados que transporta ese flujo etc. Esta cabecera mantiene la sincronización del flujo desde el Codificador al Decodificador.

b) Los códigos de inserción de errores se insertan en un determinado orden. Esto le permite al Decodificador reconocer si el flujo recibido está libre de error.

c) La resolución espectral del Banco de Filtros (Análisis), puede ser dinamicamente alterada para un mejor apareamiento de las características tiempo/frecuencia de cada bloque de audio.

d) La codificación sobre espectral puede ser de resolución variable en tiempo y frecuencia.

e) La rutina de asignación de bits puede efectuarse en forma más compleja, a efectos de hacer más óptima la asignación.

f) En alta frecuencia, los canales de audio pueden ser acoplados juntos, para alcanzar alta ganancia de codificación en operaciones de baja velocidad binaria.

g) Operando en modo de dos canales, el proceso de rematrizado puede ser seleccionado para proveer ganancia de codificación adicional y permitir mejores resultados en ambos canales, cuando se decodifican con decodificadores de matrizado surraund.

De la misma manera, el Decodificador es más complejo que el analizado en la Figura 15.20.

Para ello, el estándar al igual que en el Codificador, tiene en cuenta las siguientes consideraciones de complejidad:

a) El ocultamiento de errores puede ser aplicado en caso de detectarse errores de datos.

b) Los canales con contenidos de alta frecuencia que se habían acoplado juntos, pueden desacoplarse.

c) El Dematrizado puede ser aplicado en modo dos canales, cuando estos han sido previamente rematrizados.

d) La resolución del Banco de Filtros (Síntesis), puede ser alterada dinamicamente, de la misma manera que había sido alterada en el Banco de Filtros (Análisis) del Codificador.

15.13 Cuadro de sincronización AC-3.

El flujo de bits de audio codificado o comprimido AC-3, está compuesto de cuadros de sincronización. *En la Figura 15.21 se representa un cuadro* AC-3.

Cada cuadro de sincronización contiene 6 bloques de audio codificados, desde (AB 0) hasta (AB 5). Cada uno de estos bloques tiene 256 nuevas muestras de audio. De esta forma tenemos seis bloques con un total de 1.536 muestras.

Cada uno de estos bloques transporta los exponentes, la asignación de bits y las mantisas, además de otros tipos de información.

SI	BSI	AB 0	AB 1	AB 2	AB 3	AB 4	AB 5	Aux	CRC

Figura 15.21. Cuadro de sincronización AC-3.

Reproducida con permiso de ATSC (Advanced Television Systems Committee).

La duración total de un cuadro completo, tal como se muestra en la Figura 15.21, tiene una duración de 32 miliSeg.

El cuadro comienza con una cabecera de información (SI). Esta contiene la información necesaria para mantener la sincronización del cuadro.

A continuación, tenemos un bloque (BSI). Este contiene los parámetros que describen los servicios de audio codificado.

Luego, tenemos los seis bloques de audio codificado con 256 muestras cada uno.

Seguidamente, tenemos un bloque de datos auxiliares. Luego, le sigue un Chequeo de Redundancia Ciclica (CRC), que detecta los errores pero no los corrige.

15.14 Tipos de decodificación del Dolby Digital.

A partir de un flujo 5.1 codificado AC-3, la decodificación puede efectuarse de varias maneras, ver Figura 15.22.

El Decodificador (A) decodifica el flujo 5.1 (que había sido comprimido en AC-3), en un flujo 5.1. Aquí, tenemos los seis canales de audio originales, a una velocidad binaria total de 5,76 Mbps.

El Decodificador (B) decodifica este mismo flujo, en dos canales (izquierdo y derecho del estéreo), a una velocidad binaria de 1,92 Mbps.

El Decodificador (C) decodifica el mismo flujo, en un canal mono solamente y a una velocidad binaria de 960 KHz.

Por último, el Decodificador (D) decodifica el mismo flujo en dos canales a saber; izquierdo y derecho surround. Ambos canales tienen una velocidad binaria de 1,92 Mbps.

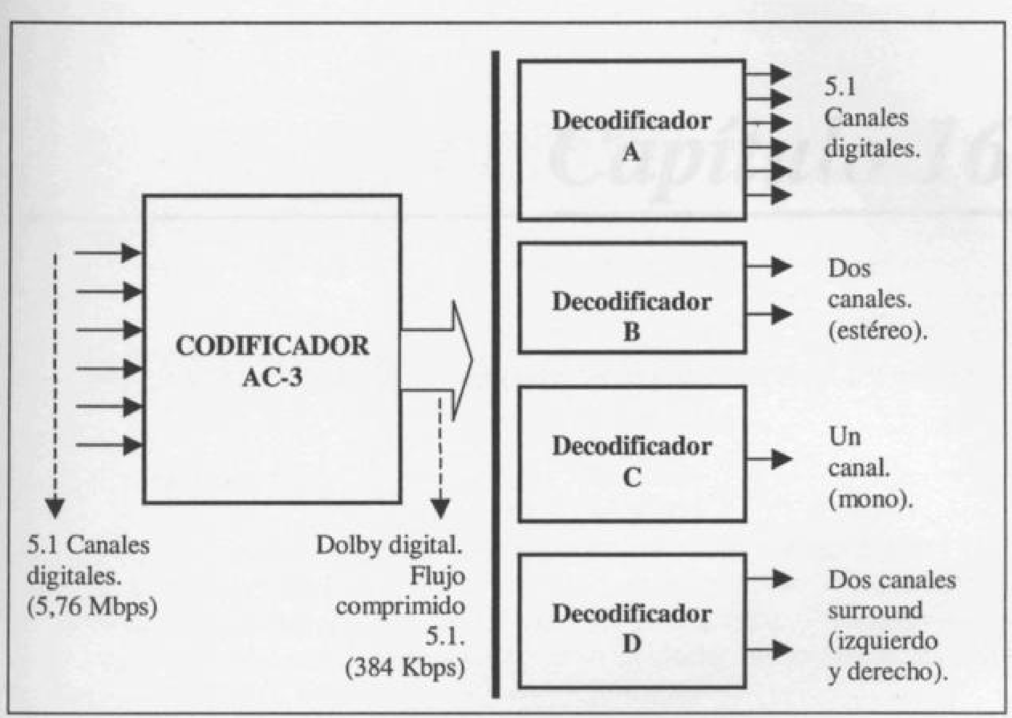


Figura 15.22. Distintas formas de Decodificación AC-3.

Todas estas velocidades, han sido calculadas a una frecuencia de muestreo de 48 KHz, con una resolución de cuantificación de 20 bits por muestra.

Capítulo 16

Sistemas de Televisión Digital

16

SISTEMAS DE TELEVISION DIGITAL

16.1 Introducción.

En este Capítulo analizaremos algunos sistemas a implementar en Estudio y en Transmisión.

Veremos la generación de una señal en Estudio y su posterior multiplexado con otras señales, para finalmente poder transmitir múltiples programas de SDTV.

16.2 Televisión Digital en el Estudio.

En el Capítulo 2, hemos visto que la señal de video digital (SDTV) adoptada en Estudio, es una señal SDI de 270 Mbps. Esta señal, que ha sido muestreada con una estructura 4:2:2 y cuantificada a 10 bits por muestra de resolución, es una señal de alta calidad, pues su relación Señal a Ruido (S/N) es de aproximadamente 70 dB.

También, hemos visto que la señal SDI está estandarizada bajo la norma ITU-R-BT.601.

En el Capítulo 7, hemos analizado la señal de HDTV digital utilizada en Estudio. Esta señal, ha sido muestreada con una arquitectura 4:2:2 y cuantificada a 10 bits por muestra de resolución.

Varias señales de SDTV o una señal de HDTV, son las que en distintas formas, se transmiten por el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico actual. Para nuestro caso, varias señales de SDTV, han sido previamente comprimidas y luego combinadas en el Múltiplex de Transporte. El flujo MPEG-2 así obtenido es modulado y luego transmitido.

16.3 Sistema básico de Televisión Digital en el Estudio.

En la Figura 16.1 se representa un diagrama de bloques de la señal de video digital, que ha sido generada en el Estudio.

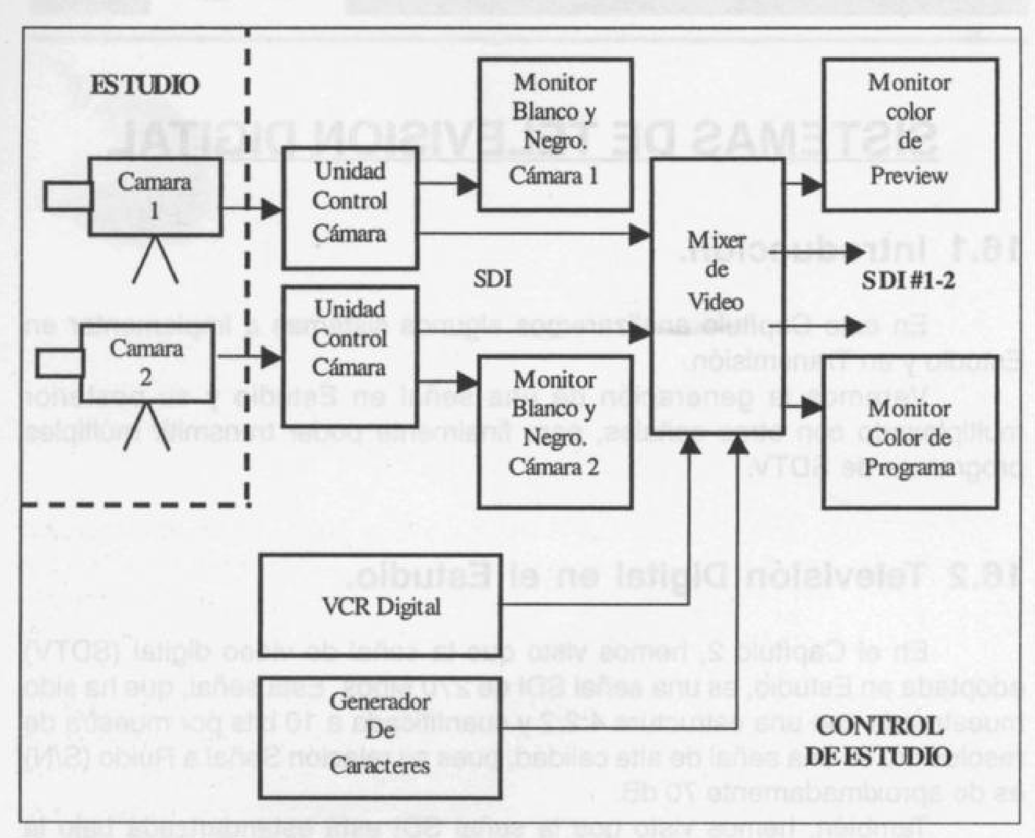


Figura 16.1. Señal SDI generada en el Estudio.

Este sistema, en su versión más simple, esta compuesto por dos Cámaras, una Videograbadora digital (VCR), un Generador de Caracteres y un Mixer de Video. Todos los equipos tienen sus entradas y salidas en SDI.

Al Mixer de Video digital, ingresan las señales provenientes de las Unidades de Control de Cámaras, Videograbadora y Generador de Caracteres.

Una de las salidas de programa del Mixer de Video, puede transmitirse por cualquier medio radioeléctrico, previo proceso de compresión y multiplexado.

En la Figura 16.2 se representa un diagrama simple del sistema de audio, correspondiente al programa de la Figura 16.1.

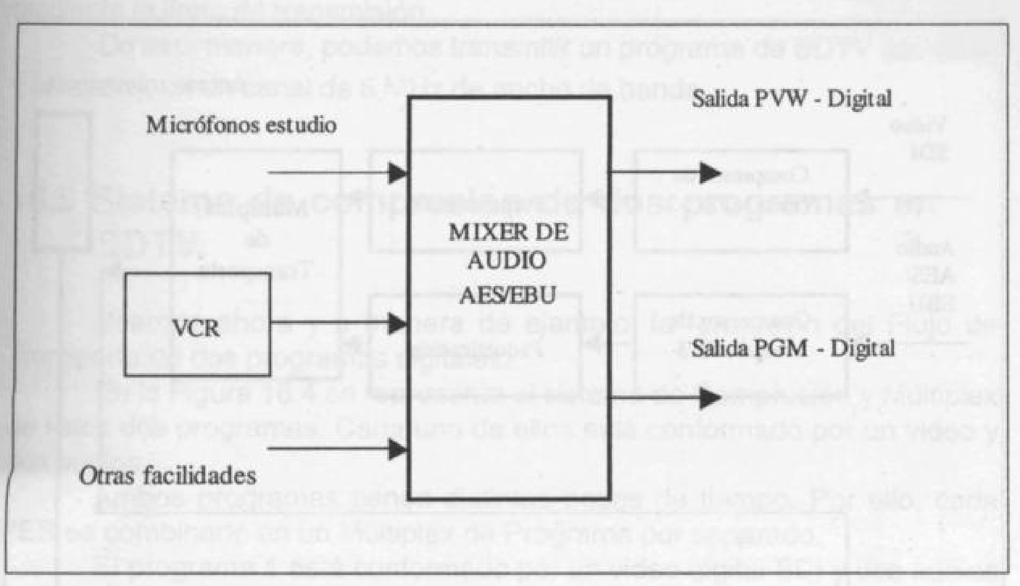


Figura 16.2. Sistema de Audio Digital.

Los Micrófonos de Estudio, Videograbadora y otras facilidades ingresan al Mixer de Audio Digital. A la salida de este, tenemos una salida de Preview (previa) utilizada para monitoreo y una salida de Programa para transmisión.

Ahora podemos transmitir este programa digital que está compuesto por un video y un audio.

La señal de video del programa en SDI de la Figura 16.1 y la señal de audio AES/EBU de PGM (programa) de la Figura 16.2, son comprimidas por separado y luego combinadas en un Múltiplex de Transporte. Esto es a efectos de formar el Flujo de Transporte, que luego será modulado en cualquiera de los estándares de DTT (Digital Terrestrial Television), vistos anteriormente.

16.4 Compresión y Múltiplex.

A efectos de poder transmitir este programa por vía terrestre, las señales de video y audio digital son en primera instancia comprimidas.

Si el estándar de transmisión empleado es el ATSC, la compresión de video será MPEG-2 y la compresión de audio Dolby AC-3. El sistema de modulación adoptado para DTT, como se ha visto, es el 8-VSB.

En la Figura 16.3 se representa un diagrama del proceso de Compresión, Multiplex y Modulación-Transmisión, en el estándar ATSC.

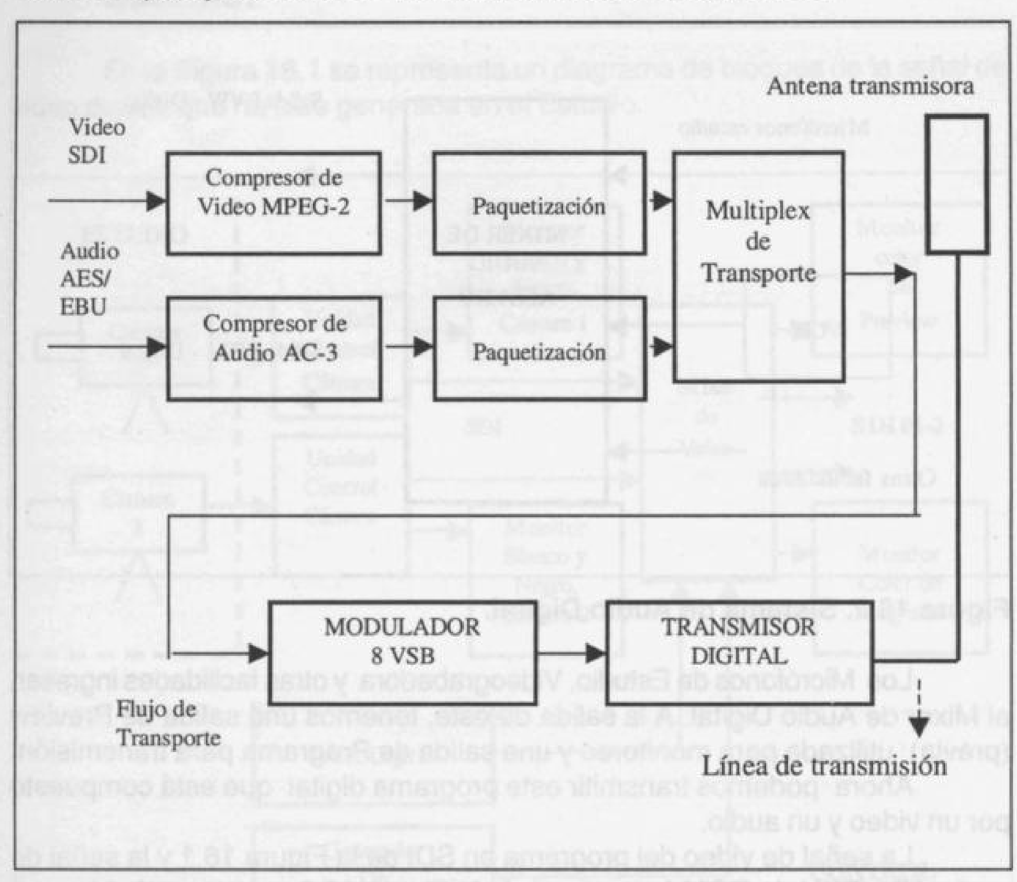


Figura 16.3. Proceso de compresión y transmisión de un programa (un video y un audio) en el estándar ATSC.

Nótese que la señal de entrada al Compresor de Video, es una señal SDI de 270 Mpbs. A su vez, la señal de audio que ingresa al Compresor de Audio, es una señal digital AES/EBU.

Ambas señales (video y audio), son comprimidas por separado. A la salida de los respectivos Compresores, tenemos los paquetes PES de video y PES de audio. Estos son combinados en un Múltiplex de Transporte. A la salida de este, tenemos formado el Flujo de Transporte MPEG-2, que luego será modulado en 8-VSB. Esta modulación, como hemos visto en el Capítulo 11, es la utilizada en Televisión Digital Terrestre del estándar ATSC.

Una vez modulado el Flujo de Transporte, este exita al Transmisor Digital. La salida del Transmisor es conectado a la antena transmisora, mediante la línea de transmisión.

De esta manera, podemos transmitir un programa de SDTV (un video y un audio), en un canal de 6 MHz de ancho de banda.

16.5 Sistema de compresión de dos programas en SDTV.

Veamos ahora y a manera de ejemplo, la formación del Flujo de Transporte de dos programas digitales.

En la Figura 16.4 se representa el sistema de Compresión y Múltiplex de estos dos programas. Cada uno de ellos está conformado por un video y dos audios.

Ambos programas tienen distintas bases de tiempo. Por ello, cada PES es combinado en un Múltiplex de Programa por separado.

El programa 1 está conformado por un video digital SDI y dos audios digitales AES/EBU. Cada uno de estos flujos digitales son comprimidos y paquetizados.

A la salida de cada Compresor, tenemos el flujo elemental comprimido (ES). Este flujo de datos una vez paquetizado, nos permite obtener el PES correspondiente a ese flujo.

De esta manera, a la salida de cada sistema de paquetización tenemos formados los PES respectivos (PES de video, audio 1 y audio 2). Estos PES son combinados en el Múltiplex de Programa 1.

Luego, tenemos el programa 2 que está conformado por la misma cantidad de flujos que el programa 1, o sea un video y dos audios. Estos flujos son procesados en el Múltiplex de Programa 2, de la misma manera que el Programa 1.

A la salida del Multiplex de Programa 1, tenemos formado el primer Flujo de Programa.

De la misma manera, a la salida del Múltiplex de Programa 2, tenemos formado el segundo Flujo de Programa. Ambos Flujos de Programa (1 y 2) son combinados en el Múltiplex de Transporte. A la salida de este tenemos formado el Flujo de Transporte MPEG-2 (TS).

En este ejemplo, asumimos que el programa se transmitirá sin encriptar.

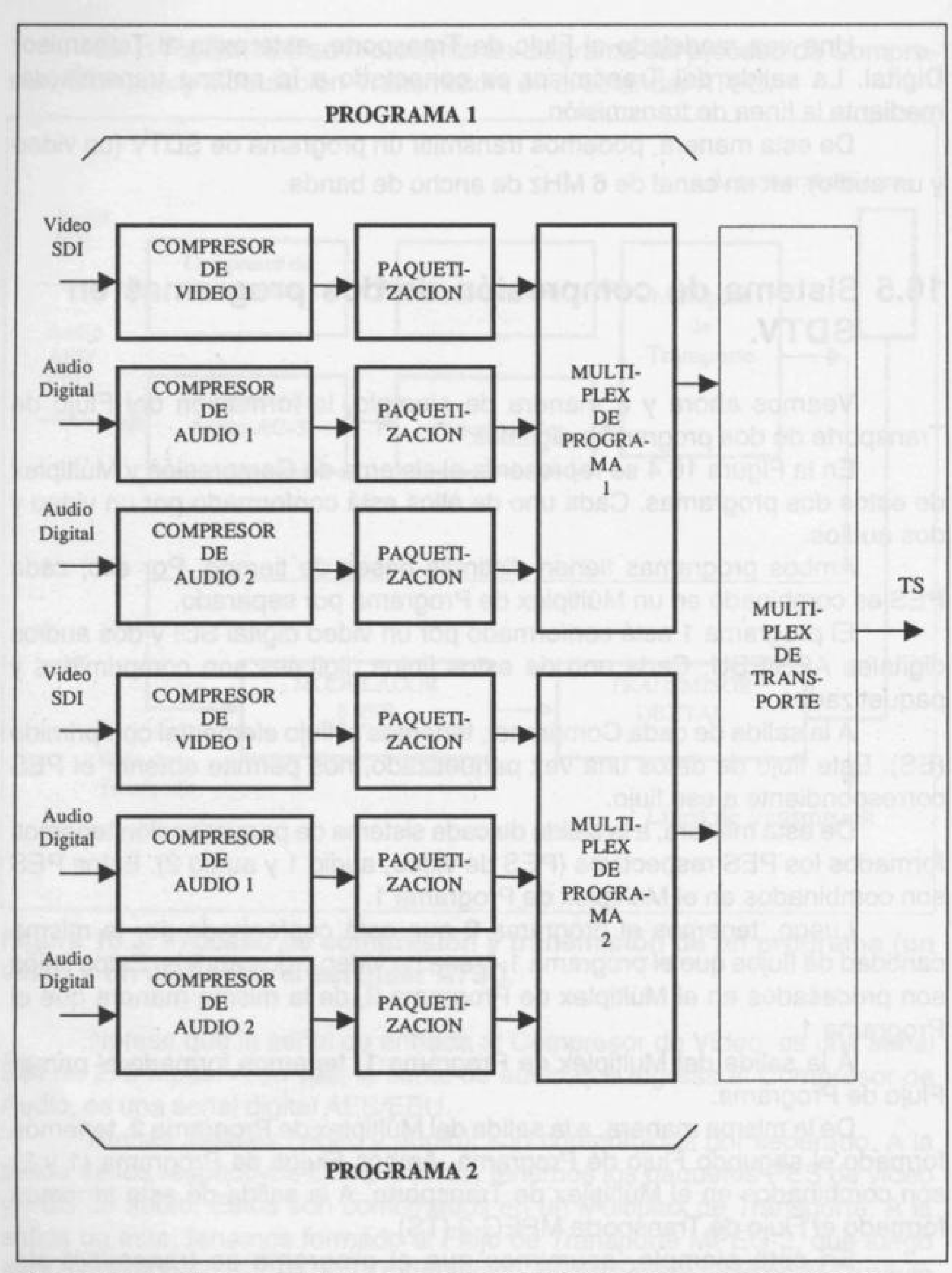


Figura 16.4. Sistema de Compresión y Múltiplex de dos programas en SDTV.

16.6 Transmisión de cuatro programas en SDTV.

Analizaremos a continuación y a manera de ejemplo, la generación y transmisión de cuatro programas en SDTV.

Para ello suponemos que:

- Dos señales son recibidas de Satélite.
- Una seña es generada en Estudio.
- Una señal es un programa de películas generado en forma local.

Una vez que tenemos conformadas los cuatro programas digitales, el próximo paso, es efectuar la compresión y el multiplexado de esas señales, a fin de poder transmitirlas en un canal de 6 MHz.

En la Figura 16.5 se muestran las dos señales recibidas de satélite. A la salida de cada Receptor/Decodificador satelital (IRD), tenemos las señales de video SDI y audio AES/EBU. Estas señales ingresan a una Matriz de video y audio digital. A esta matriz, ingresan tambien las señales de video y audio provenientes de las dos Videograbadoras (VCRs), utilizadas para inserción de comerciales y un Generador de Caracteres, para sobreimprimir títulos en cualquiera de las señales de entrada. A la salida de la matriz, tenemos las dos señales de satélite (video más audio).

El sistema que controla a ambas Videocaseteras, es el control de inserción de comerciales. Este sistema opera con un soft, en el cual se programan los comerciales a insertar y luego mediante el sistema de control, se controlan las VCR's en forma automática.

En la Figura 16.6, se representa el sistema de compresión y el multiplexado de las señales, que salen de la Matrlz de Video y Audio de la Figura 16.5.

Cada una de estas señales es comprimida por separado. Supongamos que operamos en el estándar ATSC. En este caso, el video es comprimido en MPEG-2 y el audio en AC-3.

De esta manera, tenemos dos Compresores de Video MPEG-2 y dos Compresores de Audio AC-3. Estas señales son paquetizadas por separado y combinadas en sendos Múltiplex de Programa. La salida de cada Múltiplex contiene el Flujo de Programa (PS).

Ambos Flujos de Programa junto a los demás (PS) son combinados en el Múltiplex de Transporte, para formar el Flujo de Transporte.

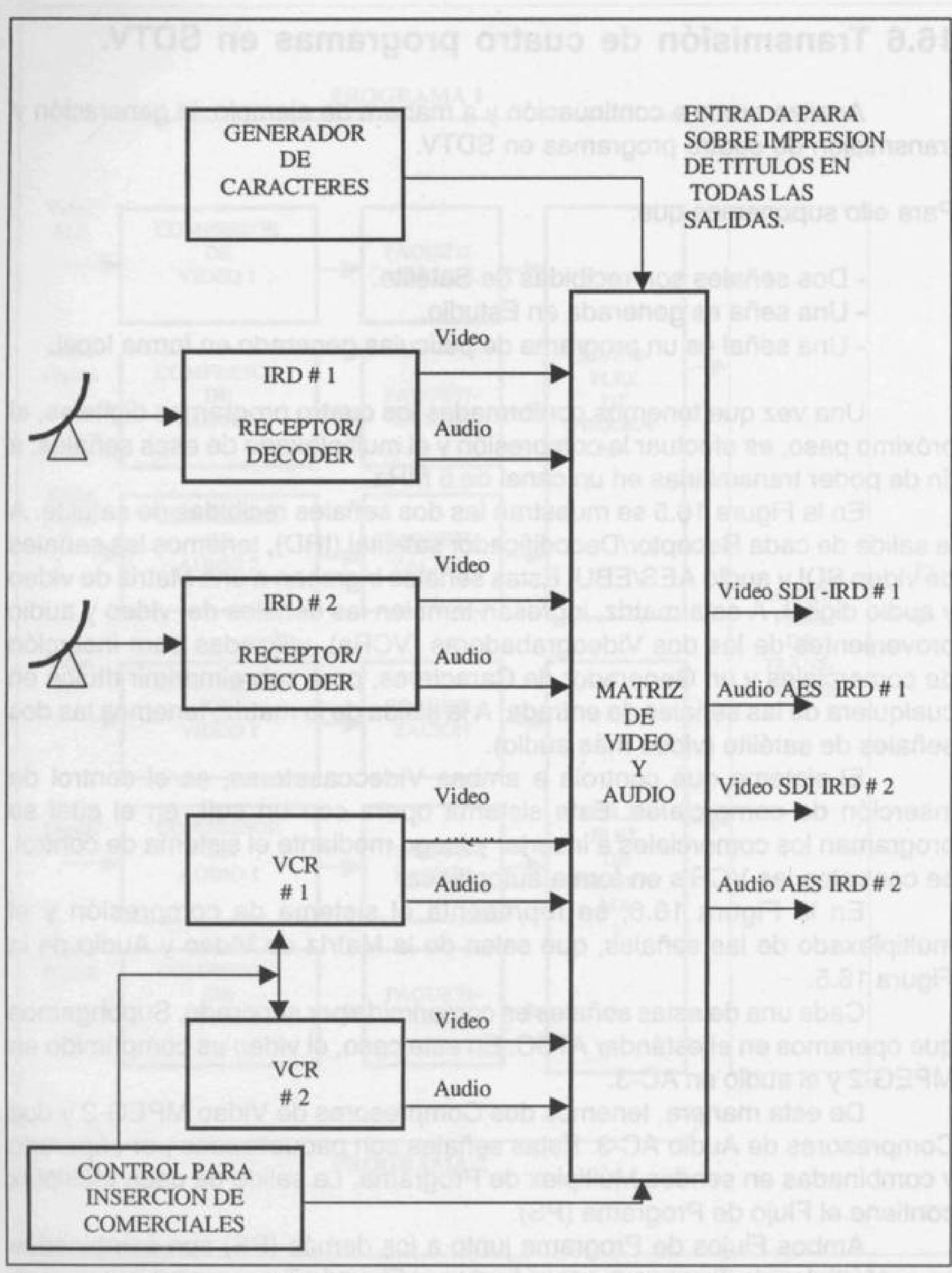


Figura 16.5. Recepción de dos señales de satélite e inserción de comerciales en forma local.

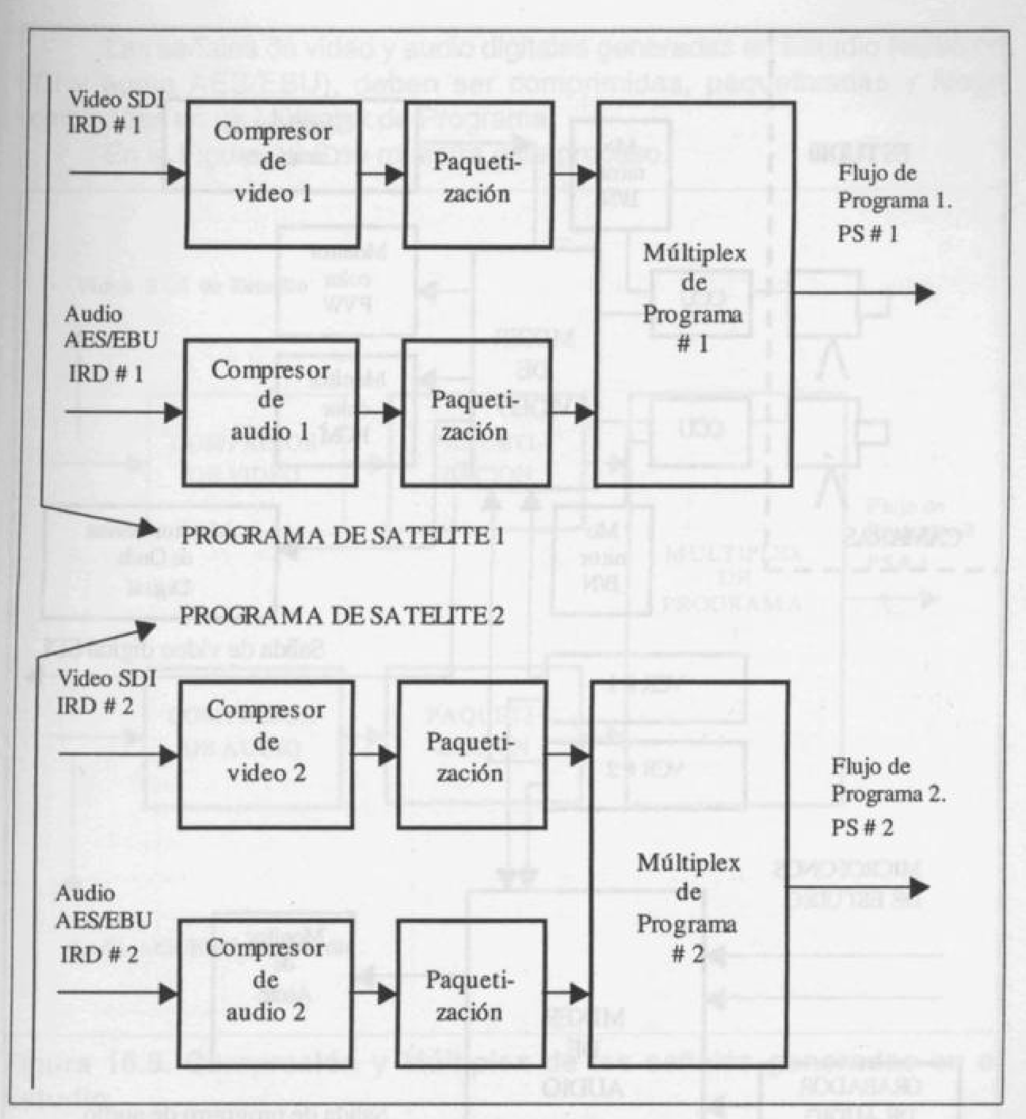


Figura 16.6. Sistema de Compresión y Multiplex de las señales recibidas de satélite.

En la Figura 16.7 se representa un diagrama de video y audio de la señal generada en Estudio.

Este diagrama es similar al de las Figuras 16.1 y 16.2, pero con el agregado de un Monitor Forma de Onda Digital, para el chequeo de las señales SDI.

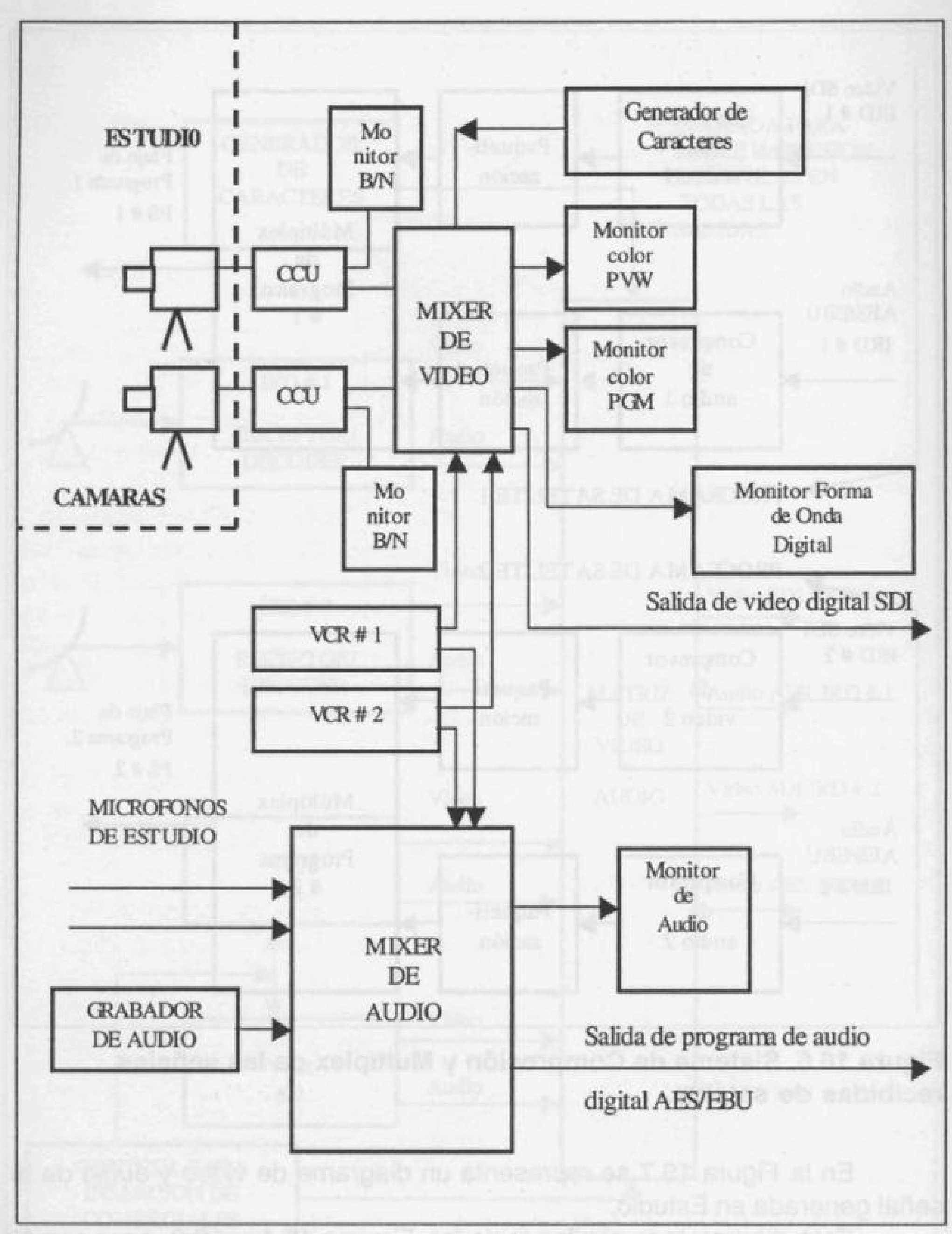


Figura 16.7. Señal SDTV (video + audio) generada en el Estudio.

Las señales de video y audio digitales generadas en Estudio (video en SDI y audio AES/EBU), deben ser comprimidas, paquetizadas y luego combinadas en un Múltiplex de Programa.

En la Figura 16.8 se muestra este proceso.

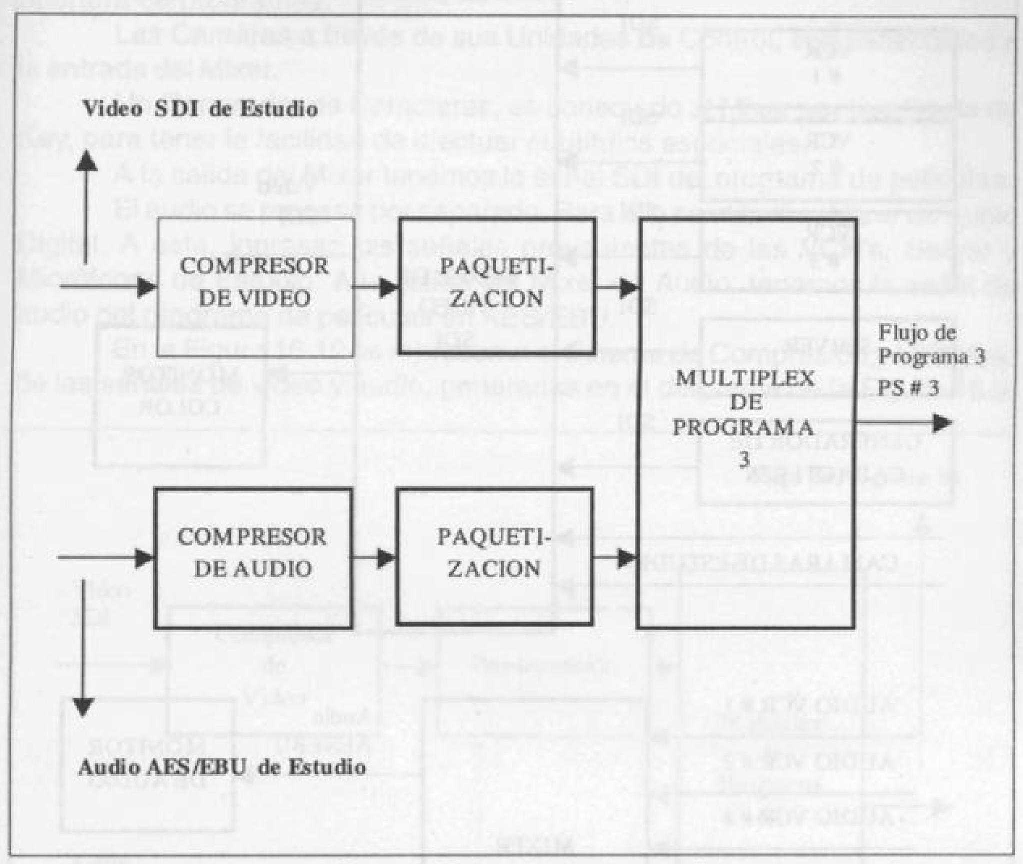


Figura 16.8. Compresión y Múltiplex de las señales generadas en el Estudio.

De esta forma, tenemos formado el Flujo de Programa 3, que transporta los flujos de video y audio de Estudio.

Este flujo, también será luego combinado con los demás flujos, en un Múltiplex de Transporte. Esto es a efectos de formar el Flujo de Transporte.

Nos queda ahora generar el cuarto programa. Para nuestro ejemplo, este consiste en un programa de películas generado en forma local.

En la Figura 16.9 se representa el diagrama de un programa de este tipo.

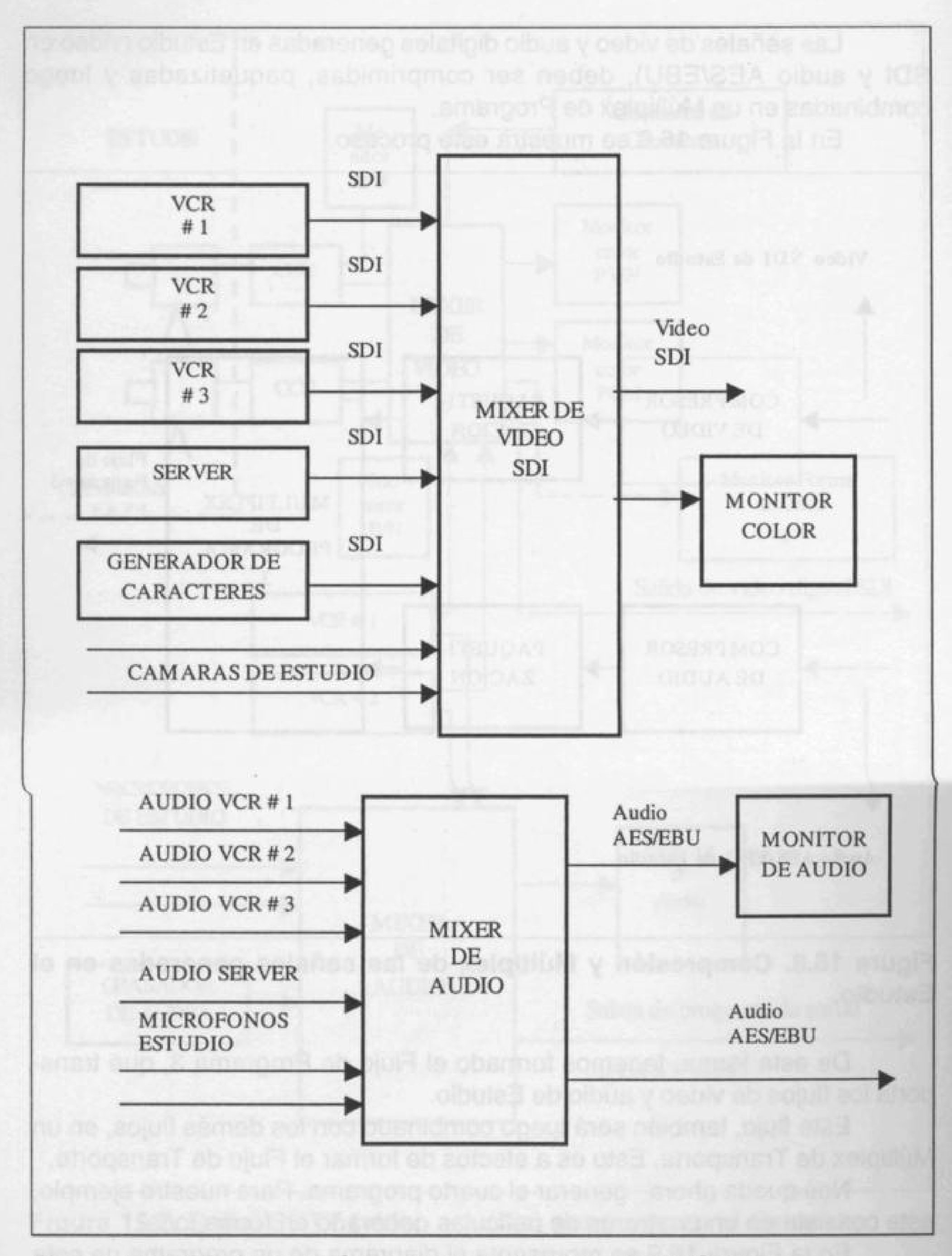


Figura 16.9. Diagrama básico de un programa de películas.

Un programa de este tipo, en su configuración básica, está formado por tres Videocaseteras (VCR's) y un Server.

Todas estas señales, ingresan a un Mixer de Video para ser mezcladas y agregar efectos. También, se utiliza un pequeño Estudio para grabación de apertura de programas.

Las Cámaras a través de sus Unidades de Control, son conectadas a la entrada del Mixer.

Un Generador de Caracteres, es conectado al Mixer por la entrada de Key, para tener la facilidad de efectuar subtítulos especiales.

A la salida del Mixer tenemos la señal SDI del programa de películas.

El audio se procesa por separado. Para ello se utiliza un Mixer de Audio Digital. A este, ingresan las señales provenientes de las VCR's, Server y Micrófonos de Estudio. A la salida del Mixer de Audio, tenemos la señal de audio del programa de películas en AES/EBU.

En la Figura 16.10 se representa el sistema de Compresión y Múltiplex, de las señales de video y audio, generadas en el diagrama de la Figura 16.9.

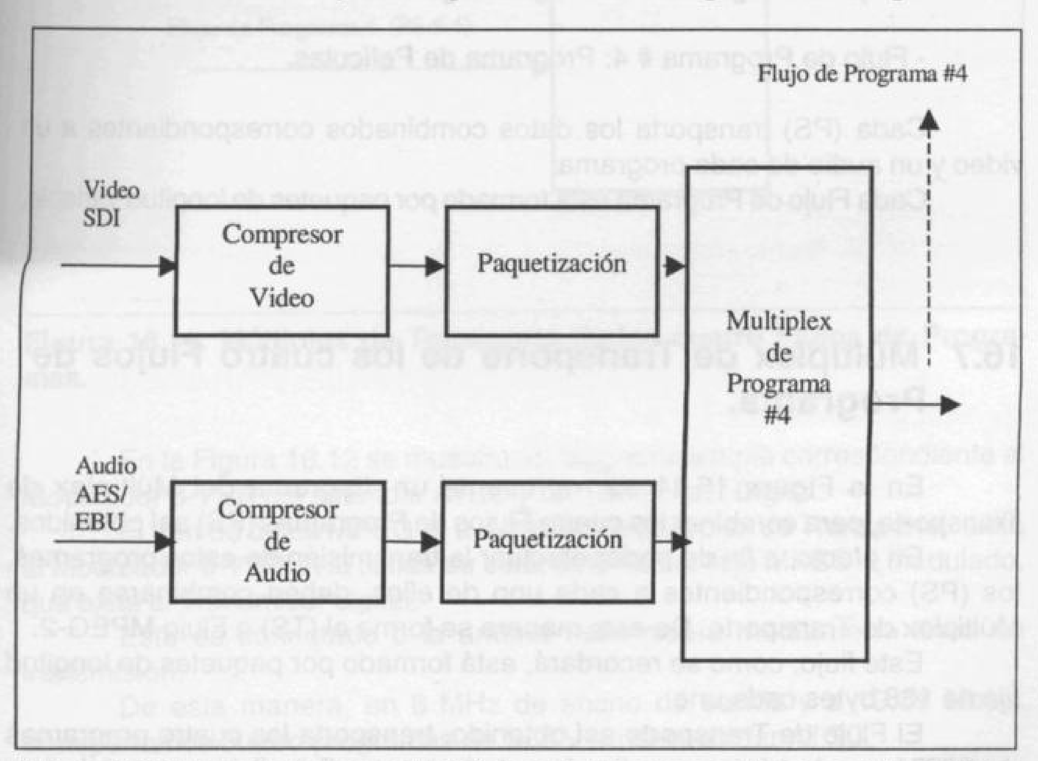


Figura 16.10. Compresión y Múltiplex de Programa de las señales SDI y AES/EBU del programa de películas.

Las señal de video SDI es comprimida y luego paquetizada, formándose el PES de video.

De la misma manera, la señal de audio AES/EBU es comprimida y paquetizada, para formar el PES de audio.

Los flujos PES (video y audio), ingresan a un Múltiplex de Programa. Aquí, se combinan ambos flujos, para obtener el Flujo de Programa.

De esta manera, tenemos formados los cuatro Flujos de Programa de cada una de las señales.

Los (PS) correspondientes a estas señales son:

- Flujo de Programa # 1: Programa recibido de Satélite.

- Flujo de Programa # 2: Programa recibido de Satélite.

- Flujo de Programa # 3: Programa generado en Estudio.

- Flujo de Programa # 4: Programa de Películas.

Cada (PS) transporta los datos combinados correspondientes a un video y un audio de cada programa.

Cada Flujo de Programa está formado por paquetes de longitud variable.

16.7 Múltiplex de Transporte de los cuatro Flujos de Programa.

En la Figura 16.11 se representa un diagrama del Múltiplex de Transporte, para combinar los cuatro Flujos de Programas (PS) así obtenidos.

En efecto, a fin de poder efectuar la transmisión de estos programas, los (PS) correspondientes a cada uno de ellos, deben combinarse en un Múltiplex de Transporte. De esta manera se forma el (TS) o Flujo MPEG-2.

Este flujo, como se recordará, está formado por paquetes de longitud fija de 188 bytes cada uno.

El Flujo de Transporte así obtenido, transporta los cuatro programas de SDTV, que habíamos analizado anteriormente. Este flujo es modulado y luego transmitido.

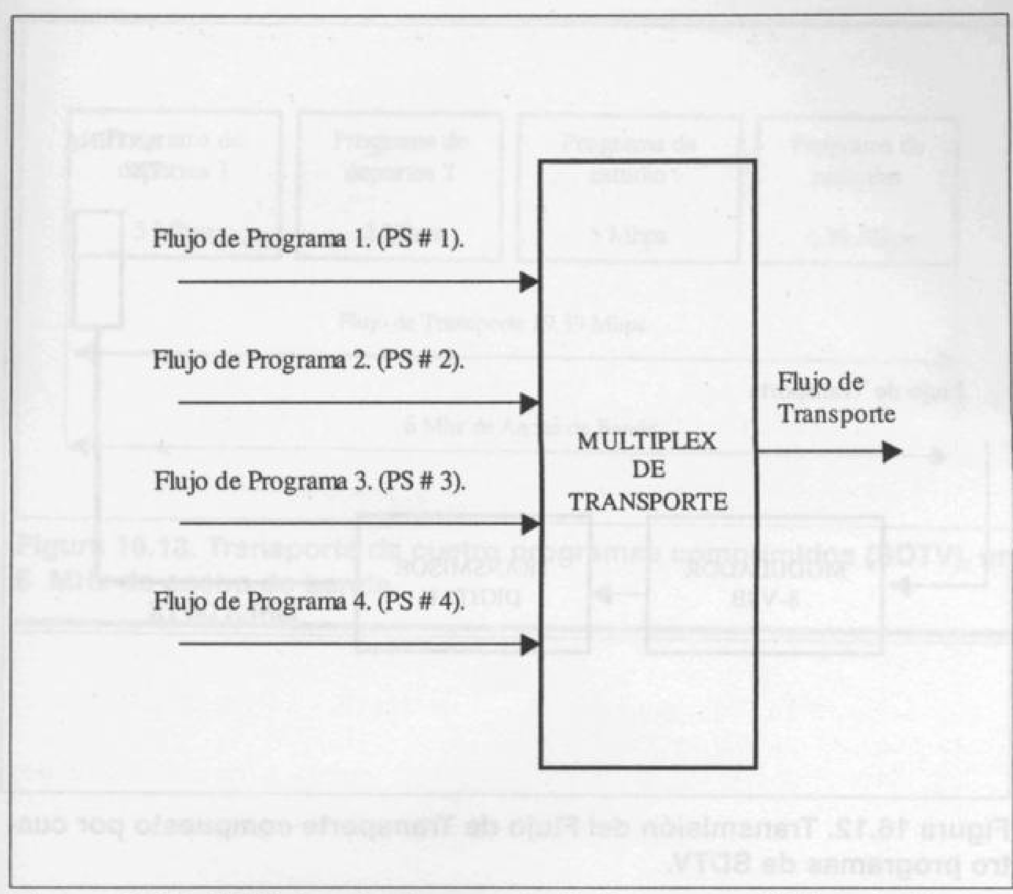


Figura 16.11. Múltiplex de Transporte de los cuatro Flujos de Programas.

En la Figura 16.12 se muestra un diagrama simple correspondiente al Modulador 8-VSB del estándar ATSC y un Transmisor Digital.

El tren de datos MPEG-2, a la salida del Múltiplex de Transporte, exita al Modulador 8-VSB. A la salida de este, tenemos el flujo MPEG-2 modulado, que exita al Transmisor digital.

Este es conectado a la antena transmisora mediante la línea de transmisión.

De esta manera, en 6 MHz de ancho de banda y a 19,39 Mbps, transportamos cuatro programas de SDTV en el estándar ATSC.

Hemos analizado aquí, el proceso de generación de cuatro señales y su posterior proceso de Compresión, Múltiplex y Transmisión.

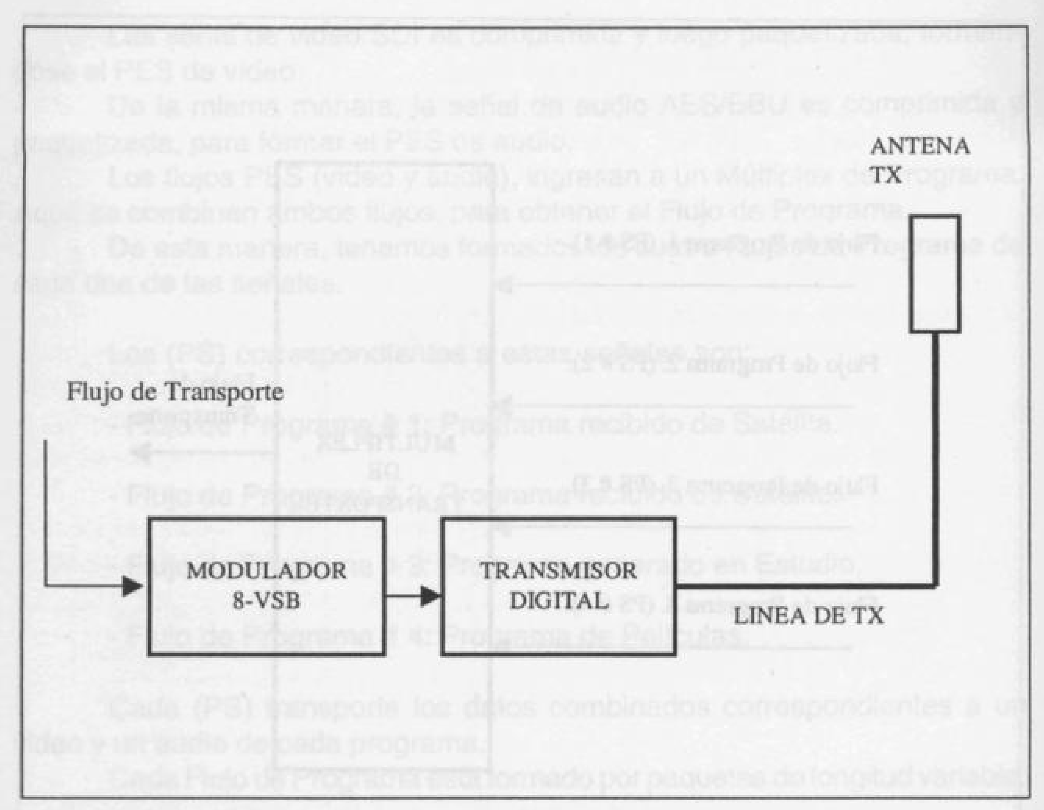


Figura 16.12. Transmisión del Flujo de Transporte compuesto por cuatro programas de SDTV.

En la Figura 16.13, se muestran las velocidades binarias, de los flujos de cada uno de los programas.

A 19,39 Mbps de velocidad total y en 6 MHz de ancho de banda, se pueden transportar:

- Tres programas, de los cuales dos son de deportes y uno de estudio, a 5 Mbps cada uno.

- Un programa de películas a 4,39 Mbps.

Esto es un ejemplo, pudiéndose cambiar las velocidades binarias de cada uno de los programas y por ende la cantidad de programas a transportar, en el mismo ancho de banda de 6 MHz.

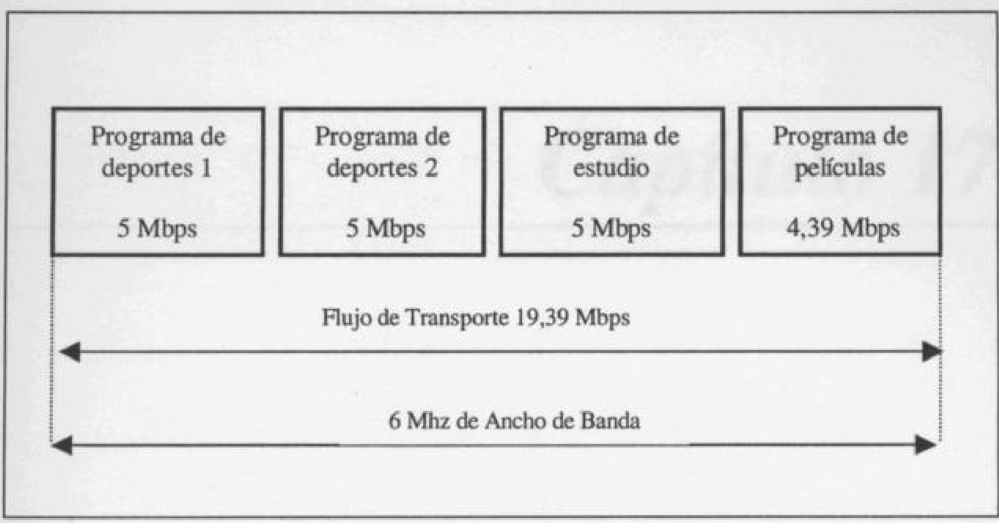


Figura 16.13. Transporte de cuatro programas comprimidos (SDTV), en 6 MHz de ancho de banda.

Capítulo 17

Transición de la Televisión Analógica a la Digital

17

TRANSICION DE LA TELEVISION ANALOGICA A LA DIGITAL

17.1 Introducción.

Se considera como período de transición, al tiempo que convivirán la televisión analógica y la digital.

Durante ese período de tiempo, además de la emisión del programa analógico actual, se emite en forma simultánea el ó los nuevos programas digitales.

Para ello, es necesario asignar un segundo canal para la programación en DTV. Esta nueva asignación del canal digital, es la que quedará en principio, después del período de transición.

En Europa por ejemplo, algunos países como Italia, han fijado este período hasta el 2006.

Esto significa que durante ese lapso de tiempo, el Broadcaster emitirá su programación por dos canales. El programa analógico que emite por el canal actual y la nueva programación en digital, que se emite por el nuevo canal asignado. Tengamos en cuenta que en Europa se ha optado por emitir múltiples programas de SDTV, por un canal de 7 u 8 MHz de ancho de banda.

En EE.UU. se ha optado en principio, por un período de transición que comenzó en 1998 y finalizará en el 2006.

Durante ese período, el Broadcaster emitirá dos programaciones; la analógica actual y la nueva programación en HDTV.

Después del período de transición, el Broadcaster emitirá solamente programación en digital.

17.2 Criterio de asignación de frecuencias para DTV en EE.UU.

Consideraremos a manera de ejemplo, el criterio seguido en EE.UU. para la asignación de canales para DTV (Digital Television).

En la Figura 17.1, se muestran los canales de televisión actuales utilizados para NTSC y la nueva asignación para DTV.

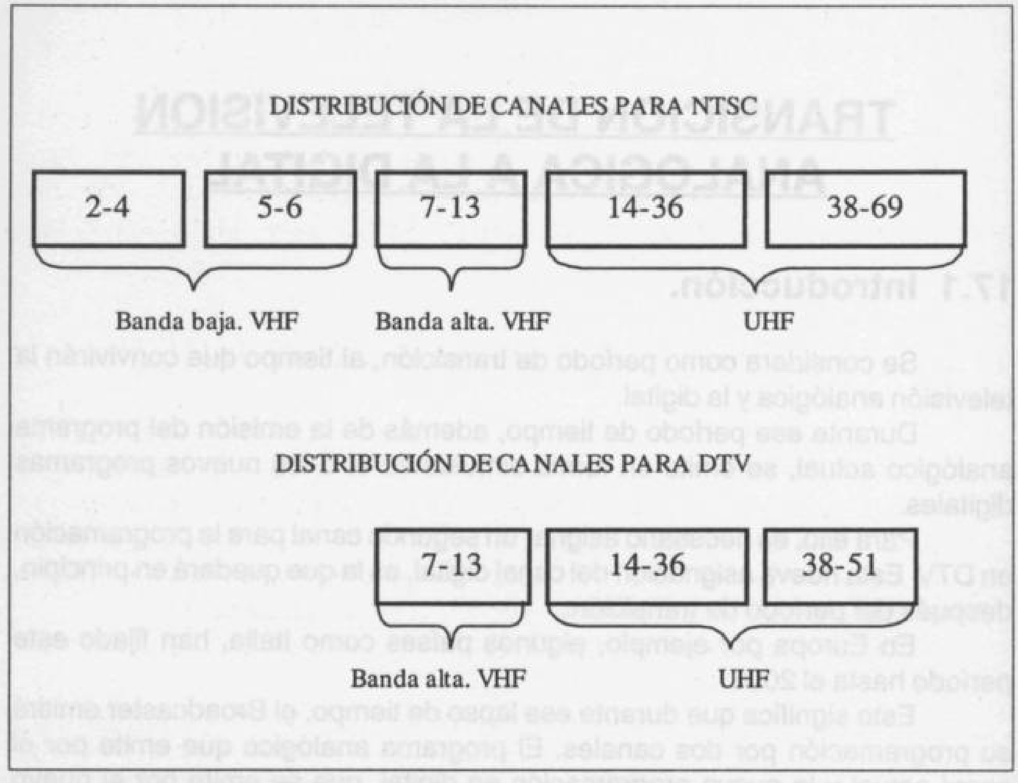


Figura 17.1. Distribución de canales en NTSC y DTV en EE.UU.

El espectro que abarcan los canales de aire analógicos en la actualidad, comprenden la banda baja de VHF (canales 2 al 6), la banda alta de VHF (canales 7 al 13) y la banda de UHF (canales 14 al 36 y 38 al 69). El canal 37 no es utilizado para televisión.

Cada canal tiene un espectro de 6 MHz de ancho de banda.

Para Televisión Digital (DTV), se han asignado los canales de la banda alta (7 al 13) y los canales de UHF (14 al 36 y 38 al 51).

El espectro para DTV es más reducido que el de televisión analógica, pues se han tenido en cuenta algunos criterios para su asignación.

La banda baja de VHF (canales 2 al 6) no se ha adoptado para DTV. El criterio empleado es que en esta banda se producen las mayores interferencias, especialmente en canal 2. Además, los canales 3 y 4 utilizados por los Conversores de Sistemas de Cable y Videocaseteras, pueden interferir con los nuevos canales de DTV.

Para Televisión Digital, el espectro comienza en la banda alta de VHF (canales 7 al 13).

La banda de UHF se asignó parcialmente del canal 14 al 36. El canal 37 sigue siendo utilizado para comunicaciones. Otra parte de la banda de UHF asignada, comprende los canales 38 al 51. La porción de banda comprendida entre los canales 52 al 69 no se asignó para DTV. Una de las razones, es que solo un 10% de las estaciones actuales, tiene asignados esos canales para NTSC y la segunda razón es que se le dará otro uso en el futuro.

17.3 Asignación de frecuencias para DTV.

La asignación de frecuencias de DTV en E.E.U.U., realizada por el FCC (Federal Commission of Communications), ha sido la siguiente; a cada Broadcaster que tenía su frecuencia para transmisión de televisión analógica, se le asignó una nueva frecuencia para DTV.

Veremos a continuación, algunos ejemplos de asignación de frecuencias para la transición y que sucederá después de ésta.

Consideraremos tres casos que han surgido en EE.UU., durante la asignación de las frecuencias para DTV.

En la Figura 17.2 se muestra un ejemplo típico. Un Broadcaster por ejemplo, tenía asignado para la emisión en NTSC, el canal 20 de UHF. Para el período de transición, se le asignó para DTV el canal 42 de UHF. Este Broadcaster emitirá hasta que dure la transición dos canales, el canal 20 en NTSC y el canal 42 en DTV.

Finalizado el período de transición (despúes del 2006), a este Broadcaster se le dejará asignada una sola frecuencia para DTV, que puede ser la del canal 20 ó 42. En este caso pueden ser una de las dos frecuencias. La razón es que ambas se encuentran dentro del espectro de asignación de DTV. El Broadcaster en ese caso, optará por una de ellas para seguir emitiendo en DTV, ya sea un programa de HDTV ó múltiples programas de SDTV, en un canal de 6 MHz de ancho de banda.

En este caso, es muy probable que el Broadcaster elija la frecuencia del canal 42. Esto es debido a que venía emitiendo en ese canal y por ello tiene el Transmisor Digital y la Antena Transmisora.

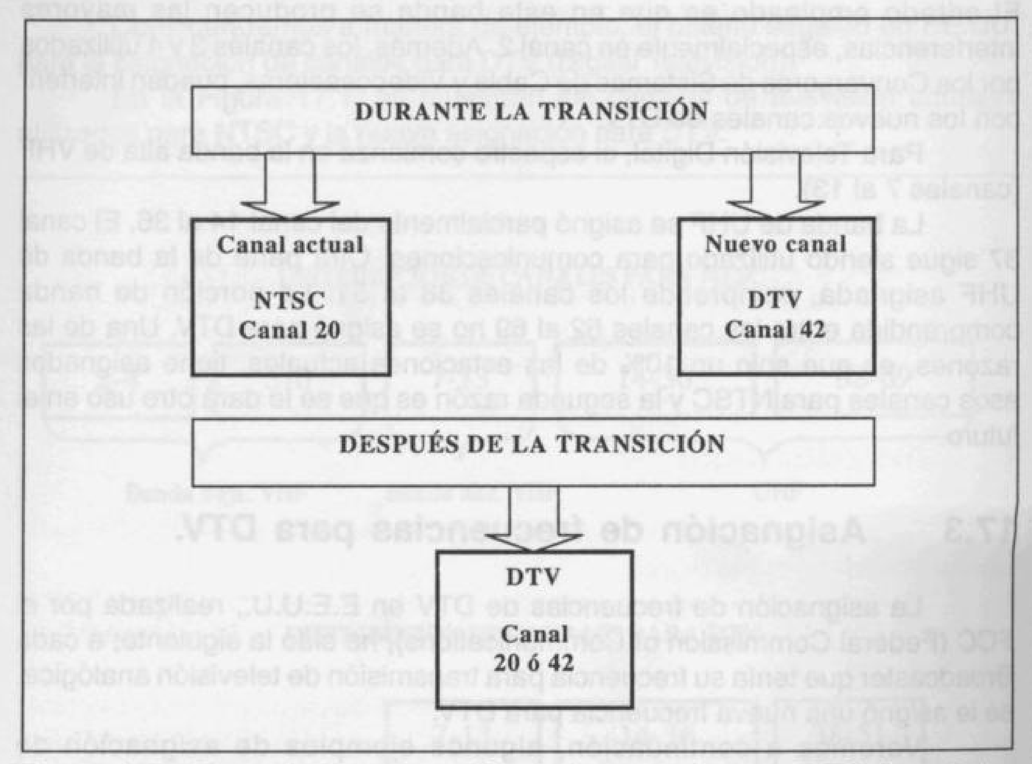


Figura 17.2. Ejemplo de asignación de frecuencia para DTV, durante la

En la Figura 17.3 se muestra un segundo caso de asignación de frecuencia para DTV.

En este ejemplo, supongamos que el Broadcaster emite su programación en NTSC por el canal 55 de UHF. Para DTV se le asignó un nuevo canal que es el 24 de la misma banda. Durante el período de transición, este Broadcaster emitirá su programación analógica por el canal 55 y la de DTV por el Canal 24.

Finalizado el período de transición, el Broadcaster no puede elegir la frecuencia como en el caso anterior, sino que se le asigna en forma automática el canal 24. Esto es debido a que el espectro de frecuencias asignado para DTV, tiene como límite el canal 51 de UHF y el canal 55 está fuera del mismo.

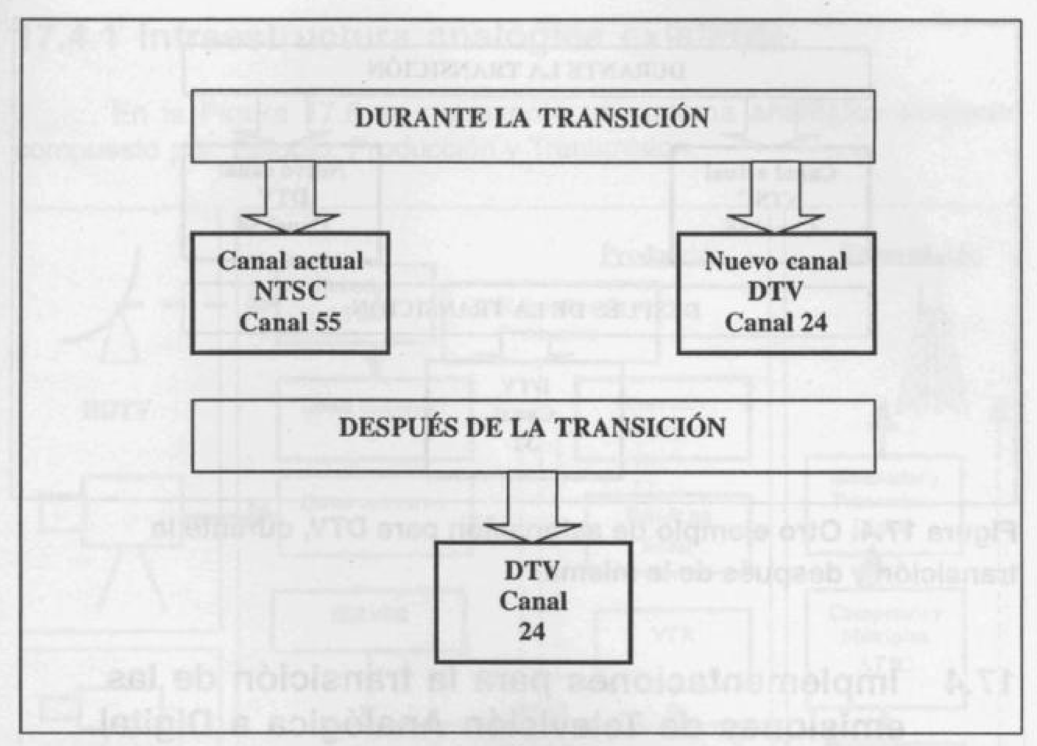


Figura 17.3. Otro caso de asignación de frecuencia para DTV, durante la transición y después de la misma.

Un tercer caso que se ha producido en E.E.U.U., es el mostrado en la Figura 17.4.

Aquí, el Broadcaster tenía asignada la frecuencia del canal 56 de la banda de UHF, para las emisiones en NTSC.

Para DTV se le ha asignado una nueva frecuencia, supongamos el canal 54, también de la banda de UHF.

Finalizado el período de transición, el Broadcaster no puede optar por elegir, sino que se le asigna en forma automática un nuevo canal. Esto es debido a que ambos canales (56 y 54), se encuentran fuera de la banda asignada para DTV. En consecuencia, se le asignará un nuevo canal. A manera de ejemplo, supongamos que se le asigna el canal 32 de la banda de UHF.

Durante el período de transición, se han asignado algunas frecuencias fuera de la banda de DTV. Sin embargo, finalizado ese período, la frecuencia de DTV definitiva que tendrá el Broadcaster, deberá estar dentro de la banda asignada para DTV.

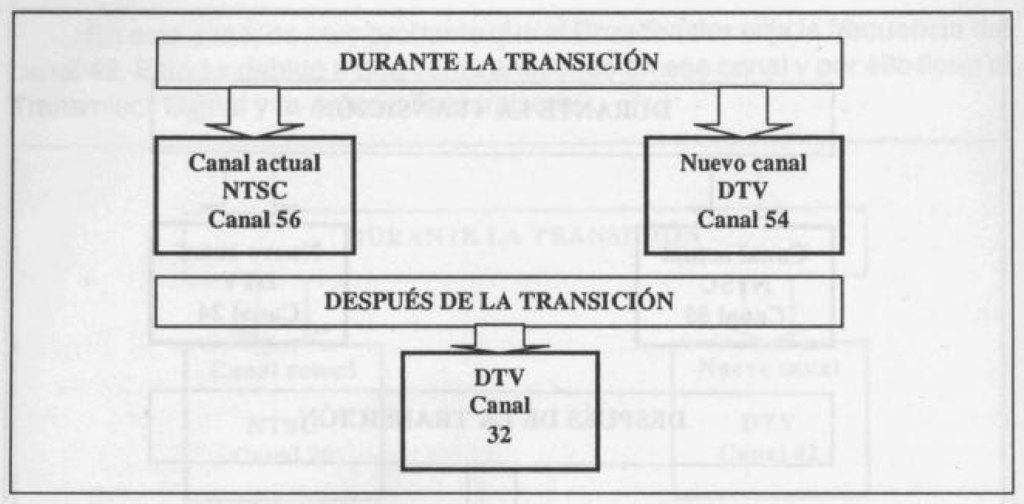


Figura 17.4. Otro ejemplo de asignación para DTV, durante la transición y después de la misma.

17.4 Implementaciones para la transición de las emisiones de Televisión Analógica a Digital.

El período de transición, como habíamos mencionado, es el lapso de tiempo en que tendrán que convivir juntas la televisión analógica y la digital.

Durante ese período, los sistemas de televisión deberán emitir dos señales; la señal analógica actual y la nueva señal digital en Alta Definición (HDTV). Para ello, los Broadcasters deberán adecuar sus sistemas en forma gradual, hasta converger a la emisión digital solamente. Pero mientras dure el período de transición, fijado por el FCC hasta el año 2006, ambas señales (analógica y digital), deberán emitirse en forma simultánea.

Una vez finalizado el período de transición, solo se emitirá en digital.

Tengamos en cuenta que la emisión analógica debe mantenerse por un largo tiempo, debido a que el parque de receptores de esta tecnología, seguirá por muchos años.

Veremos a continuación, las distintas posibilidades que tienen los Broadcasters, para adecuar sus Estudios durante el período de transición.

Solo consideraremos en estos ejemplos, el procesamiento de la señal de video, sin tener en cuenta la señal de audio, cuya implementación es más simple. En todos los casos, la emisión en digital corresponde a un programa en HDTV.

17.4.1 Infraestructura analógica existente.

En la Figura 17.5 se representa un sistema analógico existente compuesto por; Estudio, Producción y Transmisión.

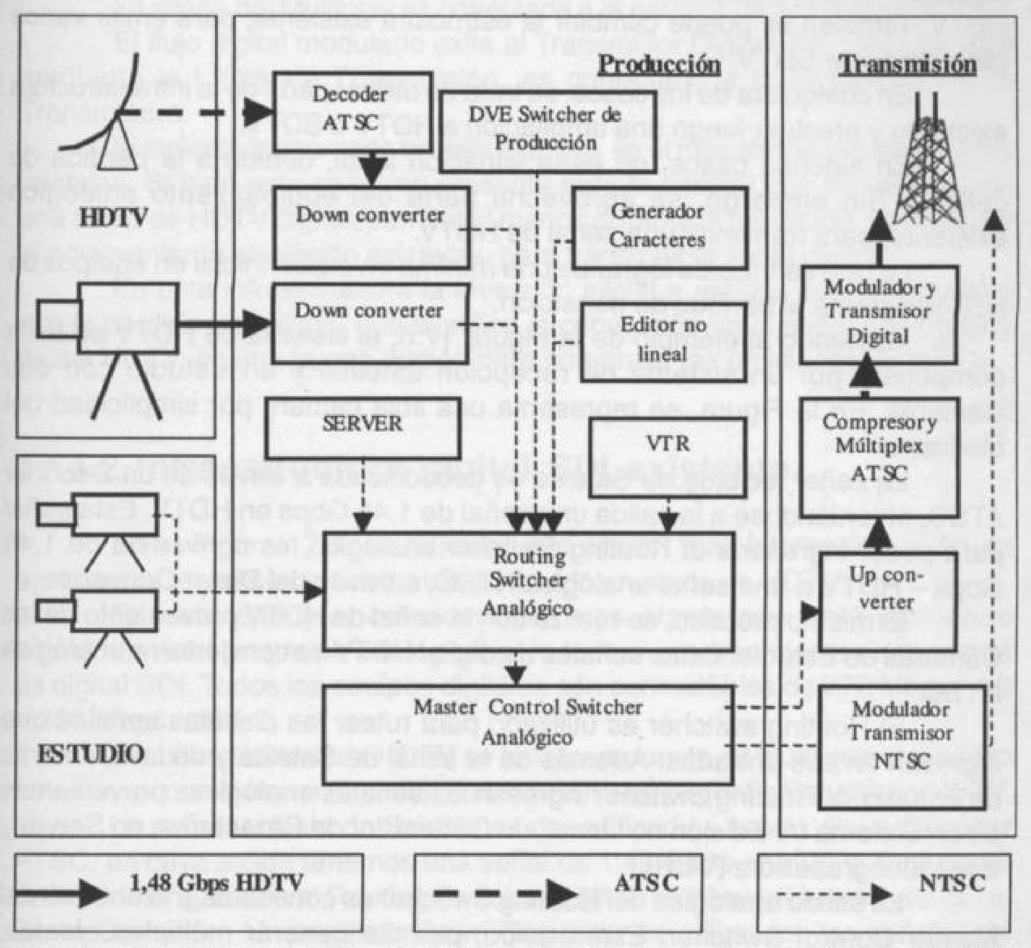


Figura 17.5. Infraestructura analógica existente y adaptación para HDTV. ***Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.***

Este sistema es similar a la mayoría de los sistemas de televisión aéreos de NTSC, que están funcionando actualmente en E.E.U.U. Este ejemplo es el más simple y se trata de aprovechar parte del equipamiento analógico existente, para implementar a bajo costo, la transmisión digital en HDTV.

Estos ejemplos, son considerados para aprovechar las distintas alternativas existentes, durante la transición en E.E.U.U. Se transmite en digital una señal de HDTV, además de la señal analógica actual. También podrían considerarse estos ejemplos para otros países (independientemente del estándar empleado), pudiendo emitirse como señal digital un programa de HDTV. También se puede cambiar la estructura existente, para emitir varios programas de SDTV.

En cualquiera de los casos, se trata de utilizar parte de la infraestructura existente y efectuar luego una ampliación a HDTV o SDTV.

En algunos casos, no es la situación ideal, debido a la pérdida de calidad. Sin embargo, se aprovecha parte del equipamiento analógico existente, para transmitir una señal de HDTV.

Lo que se trata de lograr es una mínima inversión inicial en equipos de HDTV, durante el período de transición.

Volviendo al ejemplo de la Figura 17.5, el sistema de HDTV se halla compuesto por un sistema de recepción satelital y un Estudio con dos Cámaras. En la Figura, se representa una sola cámara por simplicidad del diagrama.

La señal recibida de Satélite es decodificada a través de un Decoder ATSC, obteniéndose a la salida una señal de 1,48 Gbps en HDTV. Esta señal para poder ingresarla al Routing Switcher analógico, es convertida de 1,48 Gbps – HDTV a una señal analógica NTSC, a través del Down Converter.

El mismo proceso, se realiza con la señal de HDTV proveniente de las Cámaras de Estudio. Estas señales de digital HDTV se convierten a analógica NTSC.

El Routing switcher es utilizado para rutear las distintas señales que ingresan en sus entradas. Además de la señal de Satélite y de las Cámaras de Estudio, al Routing Switcher ingresan las señales analógicas provenientes de un Sistema de Edición no Lineal, un Generador de Caracteres, un Server y una Videograbadora (VCR).

La salida analógica del Routing Switcher es conectada a la entrada del Master Control Switcher. Este equipo, permite generar múltiples efectos, además de proveer otras facilidades adicionales.

El Master Control Switcher tiene dos salidas. La segunda de ellas, ingresa al Modulador y la salida de este exita al Transmisor. La salida de este es conectado a la primer Antena Transmisora, mediante una Línea de Transmisión. De esta manera, se transmite la señal analógica existente.

La primera salida analógica del Master Control Switcher, es convertida a través del Up Converter, a una señal digital de HDTV.

El Up Converter realiza dos funciones: la primera de ellas es la de un Decoder, o sea que convierte la señal analógica a una señal SDI. La segunda función, es convertir la señal SDI de 270 Mbps a una señal de 1,48 Gbps de HDTV. Esta señal, es comprimida y multiplexada a través del Compresor y Múltiplex de Transporte en HDTV en el estándar ATSC.

La salida del Múltiplex es conectada a la entrada del Modulador 8-VSB.

El flujo digital modulado exita al Transmidor Digital y la salida de este mediante la Línea de Transmisión, es conectado a la segunda Antena Transmisora.

El sistema presentado en este ejemplo es el más simple y tiene algunas ventajas. Si bien este caso no presenta toda la calidad que se requiere de una señal de HDTV digital, permite al menos durante la transición, aprovechar el equipamiento análógico existente para transmitir la señal digital.

En esta infraestructura la inversión inicial a realizar es mínima. Aún, con la pérdida de calidad que significa la conversión de la señal analógica a digital HDTV, es una buena opción para comenzar las emisiones de HDTV.

17.4.2 Infraestructura digital SDI existente.

En la Figura 17.6 se muestra una opción más interesante, a fin de aprovechar los equipos existentes, junto a los nuevos en HDTV.

En este ejemplo, consideramos una planta que está emitiendo actualmente un programa analógico, pero todo el procesamiento en la misma es digital SDI. Todos los equipos digitales son conmutables de 270 Mbps / 4:3 a 360 Mbps / 16:9.

El nuevo sistema de HDTV se halla compuesto, al igual que el ejemplo anterior, por un sistema de recepción satelital y un pequeño Estudio en HDTV.

La señal recibida de Satélite es decodificada a través de un Decoder ATSC, en cuya salida tenemos una señal de 1,48 Gbps en HDTV. Esta señal para poder ingresarla al Routing Switcher Digital, es convertida a través de un Down Converter. Un segundo Down Converter se utiliza con las señales de HDTV, provenientes de las Cámaras de Estudio. En este caso, ambos Down Converters convierten la señal de HDTV de 1,48 Gbps a una señal SDI de 270 Mbps. En la Figura, por simplicidad se representa una sola Cámara de HDTV.

Además de la señal de Satélite y de las Cámaras, al Routing Switcher SDI también ingresan señales digitales provenientes de un Sistema de Edición no Lineal, un Generador de Caracteres y un Switcher de Producción.

La salida digital del Routing Switcher es conectada a la entrada del Master Control Switcher.

L a señal SDI de la primer salida del Master Control Switcher, mediante un Up Converter, es convertida de SDI - 270 Mbps a una señal de 1,48 Gbps -HDTV. Esta señal es comprimida y multiplexada para luego, exitar al Modulador 8-VSB. La salida modulada es conectada al Transmisor Digital y la salida de este, se conecta a la primera Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

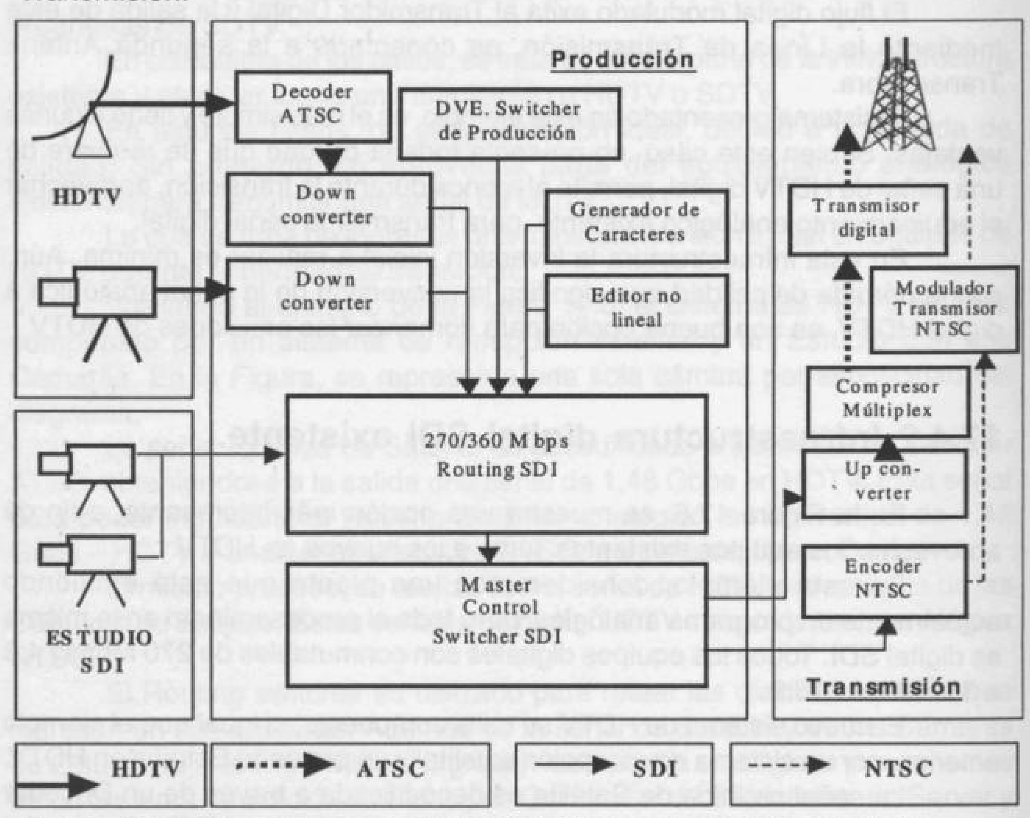


Figura 17.6. Infraestructura SDI existente y adaptación a HDTV.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

La señal de la segunda salida del Master Control Switcher, ingresa a un Encoder NTSC. Este equipo convierte la señal digital SDI a una señal analógica NTSC. Esta señal exita al Modulador y la salida de este es conectado al Transmisor. La salida de RF del Transmisor, es conectada a la segunda Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

Esta segunda opción requiere un mínimo de inversión, pues se aprovecha parte de la infraestructura SDI existente, para emitir un programa en HDTV.

El Up Converter de SDI a HDTV, posee excelente calidad de imagen, para lo que significa una conversión.

Sin embargo, a pesar que no se explota por completo la tecnología de HDTV, es una opción de transición interesante, sobre todo por la relación costo performance.

17.4.3 Infraestructura en barrido progresivo 480p.

En la Figura 17.7 se representa una infraestructura en 480p. Este formato en el estándar 525/60, está basado en 485 líneas activas con barrido progresivo, siendo la calidad mucho mayor que el formato 480i (entrelazado).

El Routing Switcher opera en 360 Mbps y en 540 Mbps.

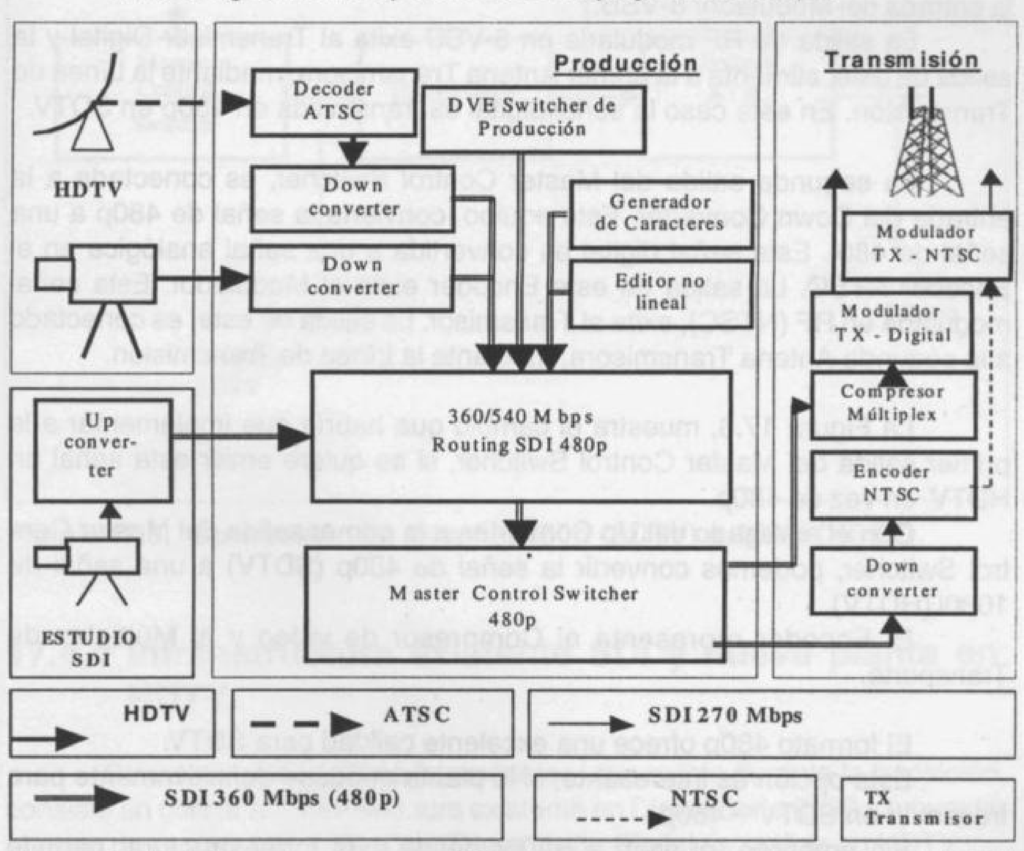


Figura 17.7. Infraestructura en 480p (progresivo) y adaptación a HDTV.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

A la entrada del Routing SDI (480p) ingresan las señales de las cámaras de HDTV y del Decoder satelital ATSC, ambas convertidas a 480p mediante el Down Converter. Tambien ingresan al Routing Switcher las señales provenientes del Switcher de Producción, Generador de Caracteres y del Sistema de Edición no Lineal.

La salida del Routing Switcher es conectada a la entrada del Master Control Switcher.

La primer salida del Master Control Switcher, es conectada al Compresor ATSC y la salida de este al Múltiplex de Transporte.

A la salida del Múltiplex tenemos el Flujo de Transporte, que ingresa a la entrada del Modulador 8-VSB.

La salida de RF modulada en 8-VSB exita al Transmisor Digital y la salida de este, alimenta a la primer Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión. En este caso la señal digital es transmitida en 480p en SDTV.

La segunda salida del Master Control Switcher, es conectada a la entrada del Down Converter. Este equipo convierte la señal de 480p a una señal de 480i. Esta señal digital es convertida a una señal analógica en el Encoder NTSC. La salida de este Encoder exita al Modulador. Esta señal modulada en RF (NTSC), exita al Transmisor. La salida de este, es conectado a la segunda Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

La Figura 17.8, muestra el cambio que habría que implementar a la primer salida del Master Control Switcher, si se quiere emitir esta señal en HDTV en vez de 480p.

Con el agregado del Up Converter a la primer salida del Master Control Switcher, podemos convertir la señal de 480p (SDTV) a una señal de 1080i (HDTV).

El Encoder representa al Compresor de video y el Múltiplex de Transporte.

El formato 480p ofrece una excelente calidad para SDTV.

Esta opción es interesante, si la planta quedase definitivamente para transmitir en SDTV – 480p.

Sin embargo, el paso a HDTV desde esta infraestructura, permite obtener una buena calidad de la señal digital.

En este formato, la resolución es mayor que en 480i, debido al barrido progresivo. El problema fundamental, es que hay poca variedad de equipos con formato 480p en el mercado.

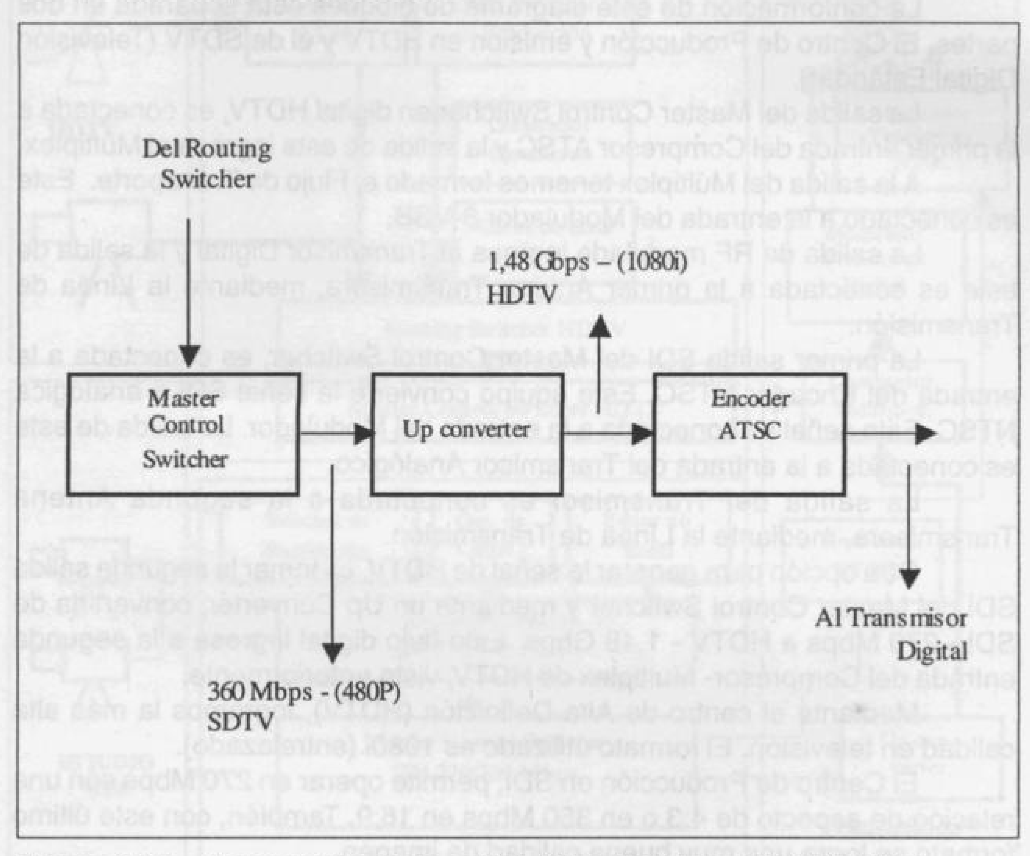


Figura 17.8. Conversión de la señal 480p (SDTV) a 1080i (HDTV).

17.4.4 Infraestructura existente SDI y nueva planta en HDTV.

Otra de las alternativas interesantes que existe durante la transición, consiste en utilizar la infraestructura existente en Digital Serie (SDI) y proyectar el resto de la planta en HDTV. La Transmisión Digital se realiza en HDTV.

En la Figura 17.9 se representa un diagrama de bloques de esta infraestructura combinada.

Esta opción es interesante, pues permite por un lado producir y emitir durante una parte del día programación en HDTV y durante otra parte del día permite producir y emitir en SDTV.

La conformación de este diagrama de bloques está separada en dos partes. El Centro de Producción y emisión en HDTV y el de SDTV (Televisión Digital Estándar).

La salida del Master Control Switcher en digital HDTV, es conectada a la primer entrada del Compresor ATSC y la salida de este ingresa al Múltiplex.

A la salida del Múltiplex tenemos formado el Flujo de Transporte. Este es conectado a la entrada del Modulador 8-VSB.

La salida de RF modulada ingresa al Transmisor Digital y la salida de este es conectada a la primer Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

La primer salida SDI del Master Control Switcher, es conectada a la entrada del Encoder NTSC. Este equipo convierte la señal SDI a analógica NTSC. Esta señal es conectada a la entrada del Modulador. La salida de este es conectada a la entrada del Transmisor Analógico.

La salida del Transmisor es conectada a la segunda Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

Otra opción para generar la señal de HDTV, es tomar la segunda salida SDI del Master Control Switcher y mediante un Up Converter, convertirla de SDI - 270 Mbps a HDTV - 1,48 Gbps. Este flujo digital ingresa a la segunda entrada del Compresor- Multiplex de HDTV, visto anteriormente.

Mediante el centro de Alta Definición (HDTV), logramos la más alta calidad en televisión. El formato utilizado es 1080i (entrelazado).

El Centro de Producción en SDI, permite operar en 270 Mbps con una relación de aspecto de 4:3 o en 360 Mbps en 16:9. También, con este último formato se logra una muy buena calidad de imagen.

Ambos centros, están interconectados de tal manera de ampliar las facilidades. El diagrama de cada uno de ellos, es similar en su conformación e interconección a los diagramas de bloques anteriores, lo cual no vale la pena explicar nuevamente.

Este sistema, resulta muy apropiado para la transición y aún después de la misma. La única desventaja es que si no se dispone de un Estudio SDI existente, resulta más caro invertir en ese equipamiento, pues simultáneamente se debe invertir en el equipamiento de HDTV.

Sin embargo, si el Broadcaster dispone de un sistema SDI similar al diagrama, esta es la solución ideal, pues solo se requiere un mínima inversión inicial en el equipamiento de HDTV.

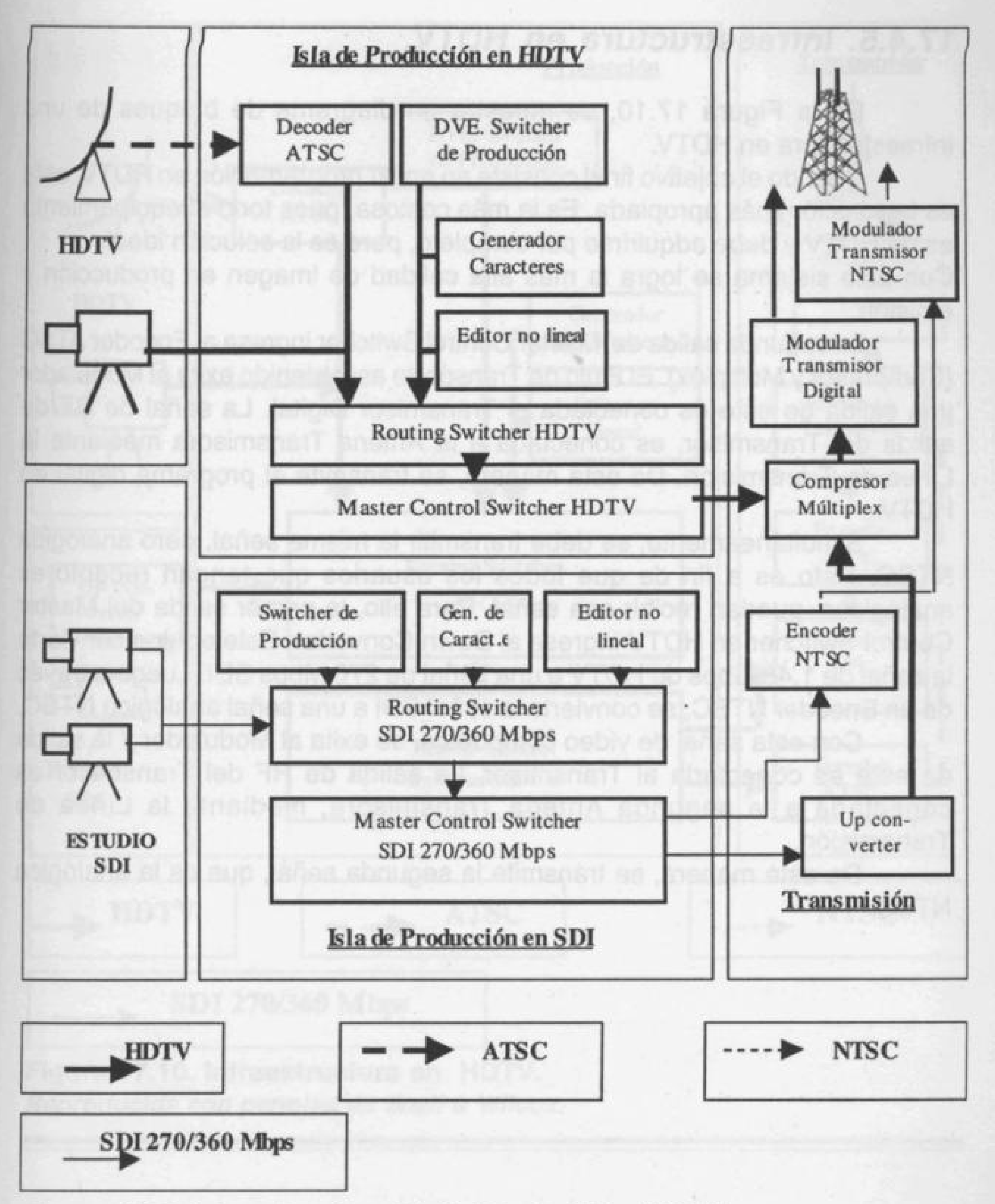


Figura 17.9. Infraestructura Digital Serie SDI y HDTV.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

17.4.5. Infraestructura en HDTV.

En la Figura 17.10, se muestra un diagrama de bloques de una infraestructura en HDTV.

Cuando el objetivo final consiste en emitir programación en HDTV, esta es la solución más apropiada. Es la más costosa, pues todo el equipamiento es de HDTV y debe adquirirse por completo, pero es la solución ideal. Con este sistema se logra la más alta calidad de imagen en producción y emisión.

La segunda salida del Master Control Switcher ingresa al Encoder ATSC (Compresor y Múltiplex). El Flujo de Transporte así obtenido exita al Modulador y la salida de este es conectada al Transmisor Digital. La señal de RF de salida del Transmisor, es conectada a la Antena Transmisora mediante la Línea de Transmisión. De esta manera, se transmite el programa digital en HDTV.

Simultáneamente, se debe transmitir la misma señal, pero analógica NTSC. Esto es a fin de que todos los usuarios que tengan receptores analógicos, puedan recibir esa señal. Para ello, la primer salida del Master Control Switcher en HDTV ingresa al Down Converter. Este equipo convierte la señal de 1,48 Gbps de HDTV a una señal de 270 Mbps SDI. Luego a través de un Encoder NTSC, se convierte la señal SDI a una señal analógica NTSC.

Con esta señal de video compuesta, se exita al Modulador y la salida de este es conectada al Transmisor. La salida de RF del Transmisor es conectada a la segunda Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

De esta manera, se transmite la segunda señal, que es la analógica NTSC.

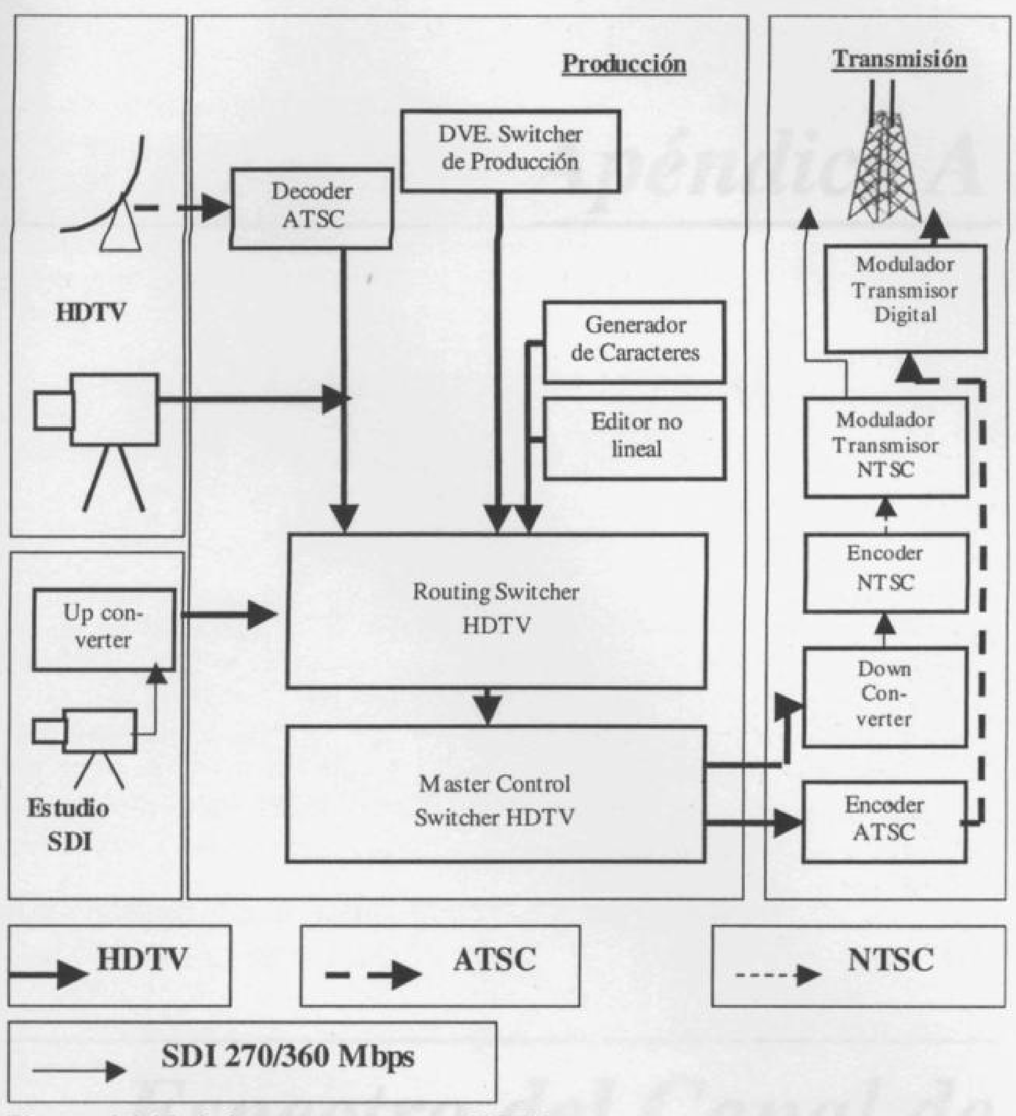


Figura 17.10. Infraestructura en HDTV.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

Apéndice A

Espectro del Canal de Transmisión





ESPECTRO DEL CANAL DE TRANSMISION

A.1 Introducción.

Analizaremos a continuación, el espectro que ocupa un canal de televisión, para las distintas normas de 6, 7 y 8 MHz de ancho de banda.

En todos los casos, el video se modula en amplitud y el audio es modulado en frecuencia. La transmisión se efectúa en banda lateral vestigial. Por ende, en la banda lateral inferior queda un vestigio de esta banda. Este espectro es denominado VSB (Visual Side Band).

A.2 Canal de 6 MHz de ancho de banda. Normas M y N.

En la Figura A.1 se representa el espectro de un canal de 6 MHz de ancho de banda.

La portadora de video (PV) está ubicada a 1,25 MHz y la portadora de audio (PA) está ubicada a 5,75 MHz, ambas desde el inicio del canal (0 MHz).

Para 6 MHz de ancho de banda, la distancia entre ambas portadoras es de 4,5 MHz. En el inicio del canal tenemos una banda de guarda o protección de 0,5 MHz.

En el estándar NTSC M, la sub portadora de color (Spc), está ubicada a 3,57 MHz de la portadora de video,

Para PAL N, la sub portadora de color está ubicada ubicada a 3.58 MHz de la portadora de video.

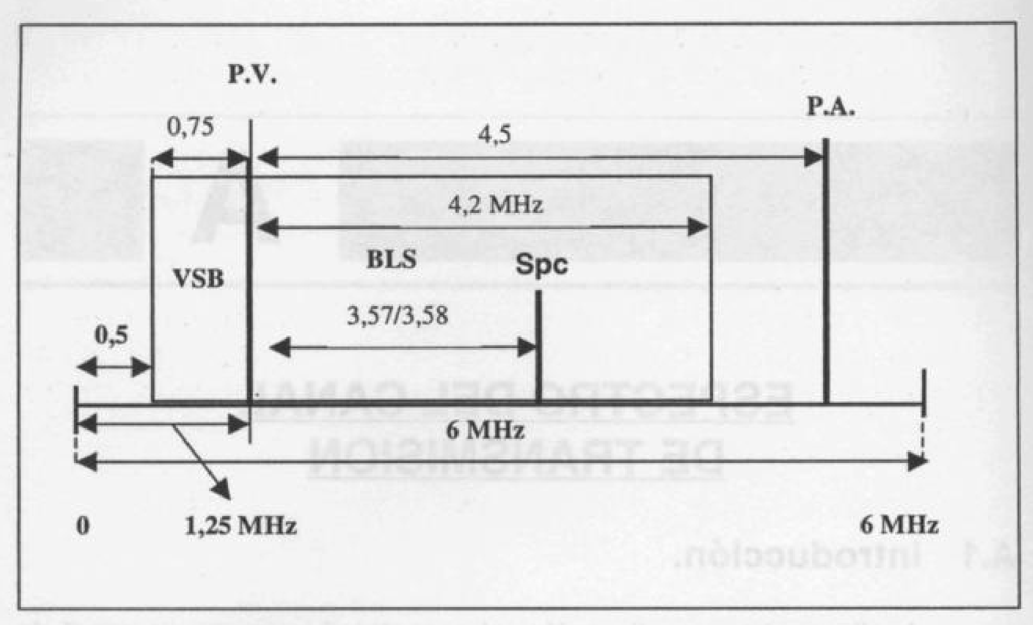


Figura A.1. Espectro de un canal de 6 MHz de ancho de banda en las normas M y N.

La banda lateral superior (BLS) ocupa 4,2 MHz. Esta corresponde al ancho de banda del canal de video.

El espectro de 6 MHz corresponde a las normas M y N. En la Tabla 1 se muestran los principales paises que tienen estas normas y el estándar de color correspondiente.

País	Banda VHF	Banda UHF	Estándar
Argentina	N	N	PAL
Bermuda	M	--	NTSC
Bolivia	M	--	NTSC
Brasil	M	M	PAL
Canadá – Chile – Colombia Colombia - Costa Rica - Cuba EE.UU.- Japón - Mexico Panamá - Perú	M	M	NTSC
Ecuador – Filipinas - Guatemala Haití - Honduras - Nicaragua Rep. Dominicana - Venezuela	M	--	NTSC
Jamaica	N	--	NTSC
Paraguay - Uruguay	N	--	PAL

Tabla 1. Paises con normas M/N y sus estándares de color.

Para la norma M y N, la banda lateral inferior de la subportadora de croma tiene 1,3 MHz de ancho de banda, mientras que la banda lateral superior tiene 0,6 MHz.

A.3 Canal de 7 MHz de ancho de banda. Norma B.

Analizaremos a continuación, un canal de 7 MHz de ancho de banda, que corresponde a la norma B. En la Figura A.2 se representa este canal.

Este espectro, posee la particularidad de que el canal de video tiene 5 MHz de ancho de banda. La separación entre las portadoras de video (PV) y la de audio (PA), es en este caso de 5,5 MHz. La subportadora de color (Spc) está ubicada a 4,43 MHz de la portadora de video.

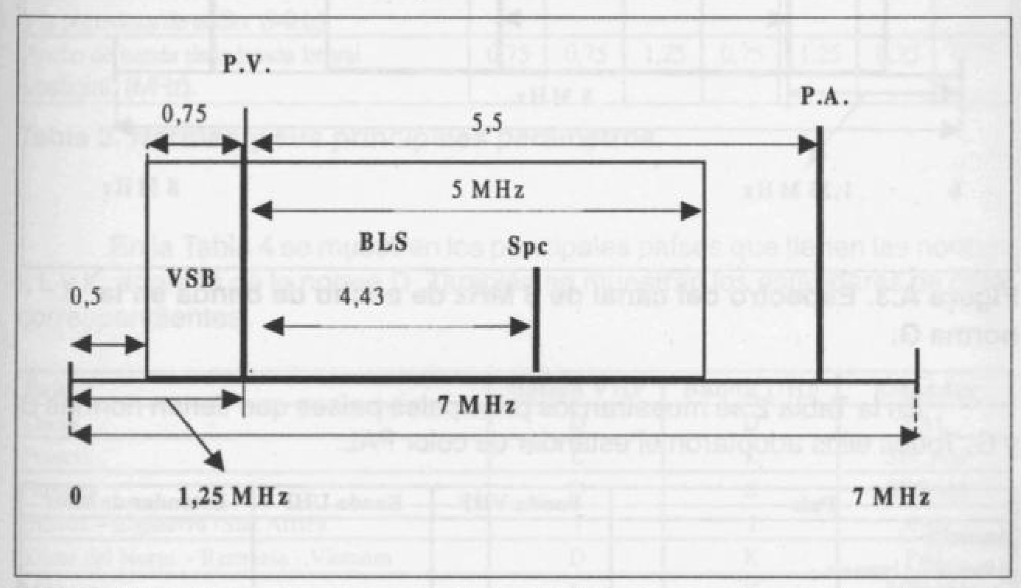


Figura A.2. Espectro del canal de 7 MHz de ancho de banda en la norma B.

A.4 Canal de 8 MHz de ancho de banda. Norma G.

Un canal de 8 MHz de ancho de banda es similar a uno de 7 MHz de la norma B. La separación entre las portadoras de video y audio es de 5,5 MHz y el ancho de banda del canal de video es de 5 MHz, igual que en el canal de la norma B.

La única diferencia, es que el canal de RF tiene 1 MHz más de ancho de banda. La banda lateral inferior y superior de la sub portadora de croma, tiene el mismo ancho de banda que en la norma B.

En la Figura A.3 se representa un canal de estas características.

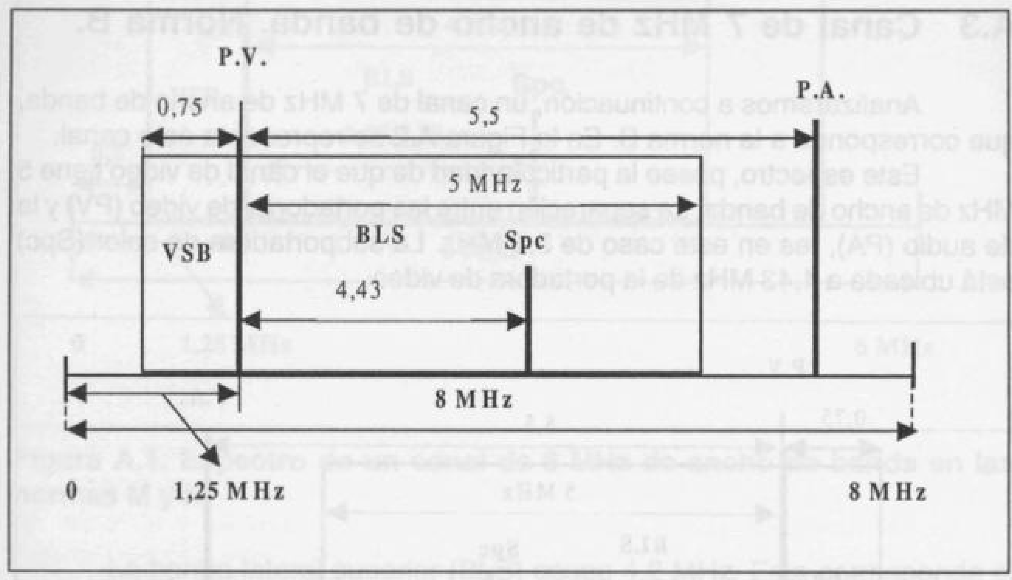


Figura A.3. Espectro del canal de 8 MHz de ancho de banda en la norma G.

En la Tabla 2 se muestran los principales países que tienen normas B y G. Todos ellos adoptaron el estándar de color PAL.

País	Banda VHF	Banda UHF	Estándar de color
Australia Albania - Alemania - Arabia Saudita -Austria Dinamarca - Egipto - España Etiopía - Finlandia Grecia - Iran - Irak Israel - Italia - Kuwait - Libia Malasia - Marruecos - Nueva Zelandia - Pakistán - Siria - Suecia Suiza - Tailandia - Tunez Turquía - Yugoslavia	B	G	PAL

Tabla 2. Países con normas B/G y sus estándares de color.

A.5 Normas I, L y K.

Las normas I, L y K tienen el mismo ancho de banda que la norma G. Sin embargo difieren en algunos parámetros como se puede apreciar en la Tabla 3.

	NORMAS						
Parámetros	B	G	I	D/K	L	M	N
Número de líneas por cuadro.	625	625	625	625	625	525	625
Frecuencia de campo. (Hz).	50	50	50	50	50	60	50
Ancho de banda de RF del canal. (MHz).	7	8	8	8	8	6	6
Ancho de banda del canal de video. (MHz).	5	5	5,5	6	6	4,2	4,2
Espaciado entre la portadora de video y la portadora de audio. (MHz).	5,5	5,5	6	6,5	6,5	4,5	4,5
Ancho de banda de la banda lateral vestigial. (MHz).	0,75	0,75	1,25	0,75	1,25	0,75	0,75

Tabla 3. Normas y sus principales parámetros.

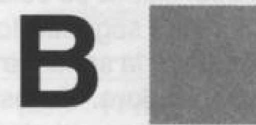
En la Tabla 4 se muestran los principales países que tienen las normas I, L y K, además de la norma D. También se muestran los estándares de color correspondientes.

País	Banda VHF	Banda UHF	Estándar
China	D	D	PAL
Francia	L	L	SECAM
Hungría	D	K	SECAM
Irlanda – Inglaterra -Sud Africa	I	I	PAL
Korea del Norte - Rumania - Vietnam	D	K	PAL
Mónaco	L	K G	SECAM PAL

Tabla 4. Países con normas D, I, L y K y sus estándares de color.

Apéndice B

Relaciones entre los formatos Analógicos y Digitales



RELACIONES ENTRE LOS FORMATOS ANALOGICOS Y DIGITALES

B.1 Relaciones entre los distintos formatos de producción en Televisión Digital Estándar. (SDTV).

En la Figura B.1 se representan las relaciones entre los distintos formatos utilizados en producción.

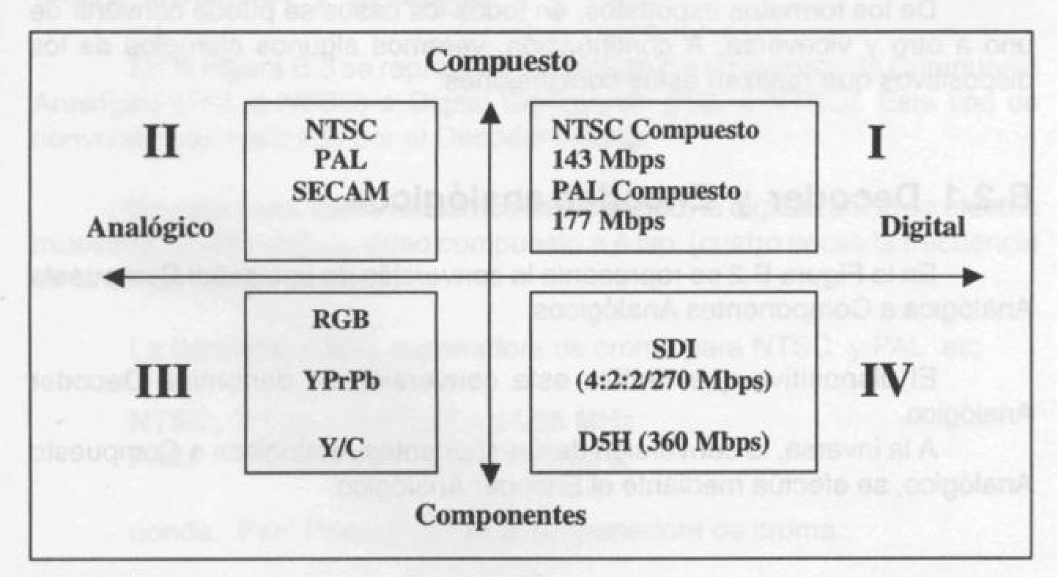


Figura B.1. Relaciones entre formatos.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

En el primer cuadrante tenemos los formatos Digital Compuesto.

Estos formatos, se obtienen a partir de la digitalización de la señal de video compuesta NTSC, muestreando a cuatro veces la frecuencia de la subportadora de color. Esta señal tiene una velocidad binaria de 143 Mbps.

El segundo formato Digital Compuesto es el PAL, que se obtiene de digitalizar la señal de video compuesta PAL, a cuatro veces la frecuencia de la subportadora. En este caso, la velocidad binaria es de 177 Mbps. Ambos formatos han sido tratados en el Capítulo 2.

En el segundo cuadrante tenemos las señales compuestas analógicas NTSC, PAL y SECAM.

En el tercer cuadrante tenemos las señales por componentes analógicos RGB e YPrPb. También, se incluye la señal Y/C que es de aplicación semi profesional.

En el cuarto cuadrante tenemos las señales digitales por componentes. Aquí, se presentan los formatos SDI (4:2:2/270 Mbps) y el D5H que es la señal de SDTV con una relación de aspecto de 16:9. La velocidad binaria de este tren de datos es de 360 Mbps.

B.2 Conversiones entre formatos.

De los formatos expuestos, en todos los casos se puede convertir de uno a otro y viceversa. A continuación, veremos algunos ejemplos de los dispositivos que realizan estas conversiones.

B.2.1 Decoder y Encoder analógicos.

En la Figura B.2 se representa la conversión de una señal Compuesta Analógica a Componentes Analógicos.

El dispositivo que realiza esta conversión se denomina Decoder Analógico.

A la inversa, la conversión de Componentes Analógicos a Compuesto Analógico, se efectúa mediante el Encoder Analógico.

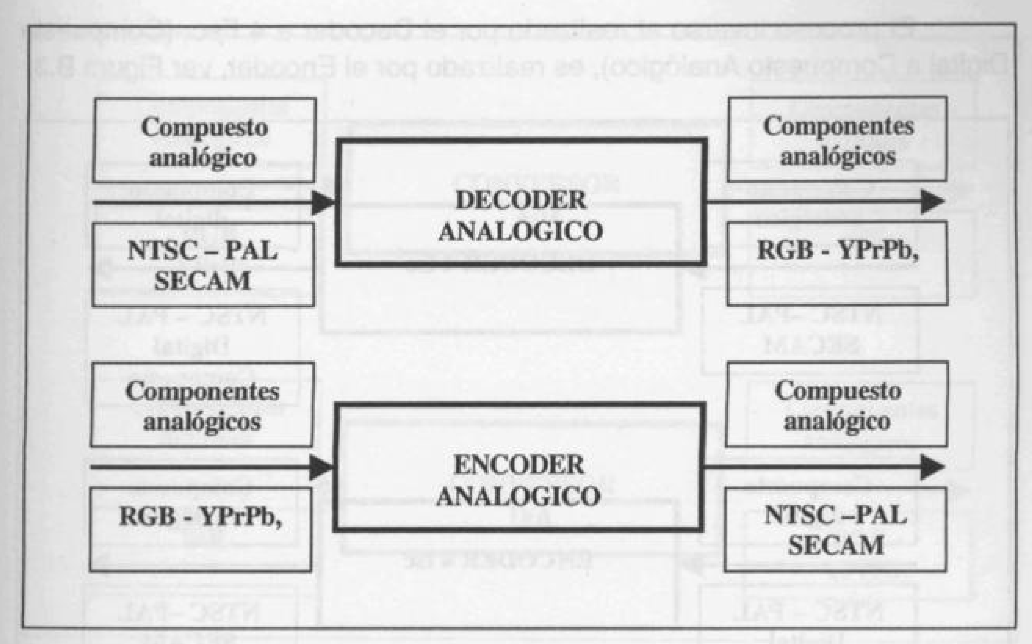


Figura B.2. Decoder y Encoder analógicos.

B.2.2 Decoder y Encoder a 4 Fsp.

En la Figura B.3 se representa la conversión de formato de Compuesto Analógico (PAL ó NTSC) a Digital Compuesto (PAL ó NTSC). Este tipo de conversión es realizada por el Decoder a 4 fsp.

En este caso, como habíamos mencionado, la digitalización se efectúa muestreando la señal de video compuesto a 4 fsp (cuatro veces la frecuencia de la subportadora de color).

La frecuencia de la suportadora de croma para NTSC y PAL es;

NTSC: 4 Fsp = 4 x 3,57 = 14,28 MHz
PAL: 4 Fsp = 4 x 4,43 = 17,72 MHz

donde: Fsp: Frecuencia de la subportadora de croma.

El proceso inverso al realizado por el Decoder a 4 Fsc (Compuesto Digital a Compuesto Analógico), es realizado por el Encoder, ver Figura B.3.

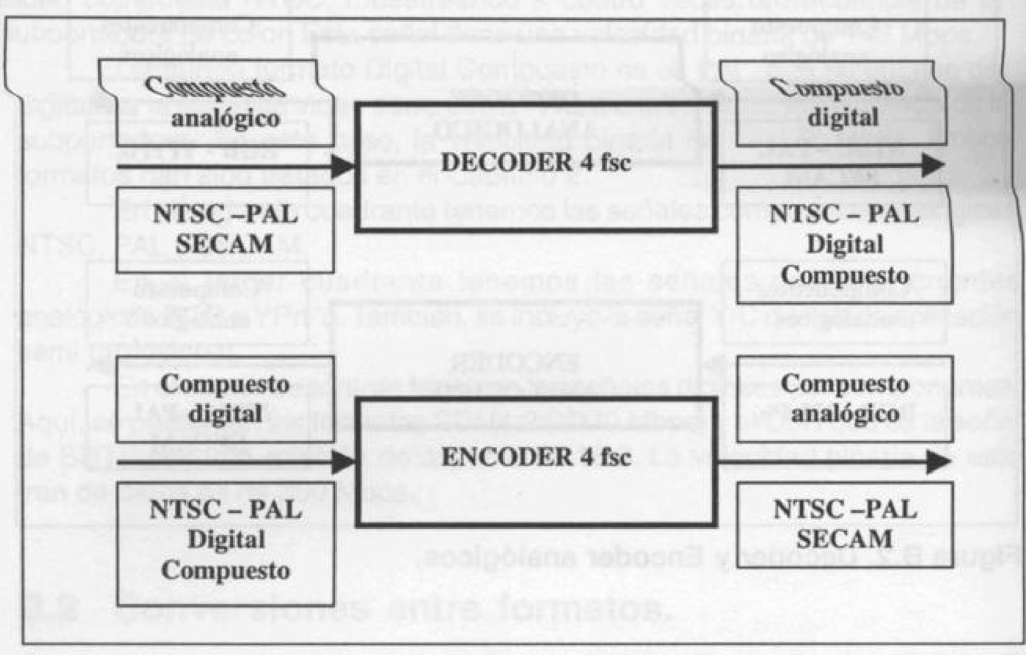


Figura B.3. Decoder y Encoder a 4 Fsp.

B.2.3 Conversión A/D y D/A.

En la Figura B.4 se representan estos conversores de formatos.

La conversión de Componentes Analógicos a Componentes Digitales, (RGB – YPrPb) a SDI se realiza mediante el Conversor A/D.

A la inversa, la conversión de Componentes Digitales a Componentes Analógicos SDI a (RGB – YPrPb) se efectúa mediante el Conversor D/A.

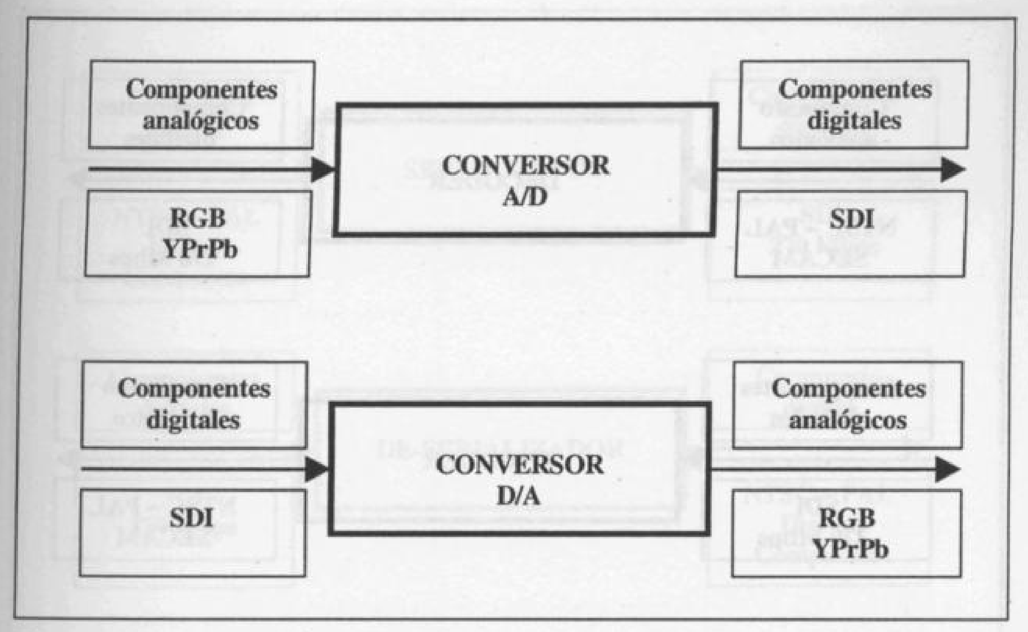


Figura B.4. Conversión A/D y D/A.

B.2.4 Decoder y Encoder.

En la Figura B.5 se muestra un Decoder y un Encoder.

La conversión de una señal de Video Compuesto Analógico (NTSC-PAL-SECAM) a Componentes Digitales (SDI) se realiza mediante el Decoder.

El proceso inverso o sea convertir de Componentes Digitales (SDI) a Video Compuesto Analógico (NTSC-PAL-SECAM), se realiza mediante el Encoder.

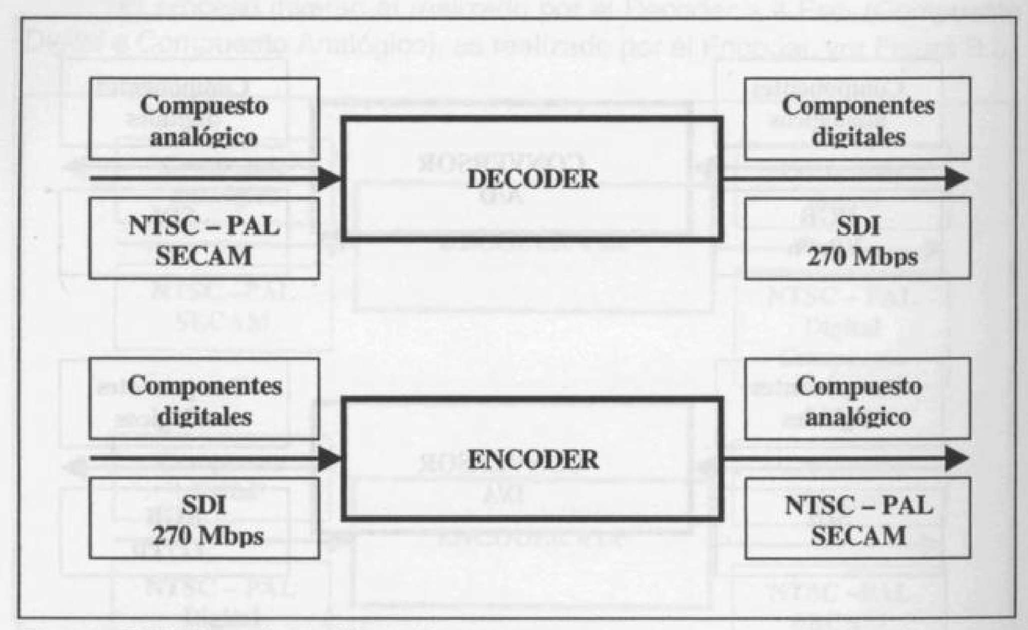


Figura B.5. Decoder y Encoder.

B.2.5 Serializador y De-serializador.

En la Figura B-6 se representan dos nuevos dispositivos que son el Serializador y el De-serializador.

El primero de ellos es un conversor de Digital Compuesto (NTSC-PAL) a Componentes Digitales (SDI - 270 Mbps).

El dispositivo que realiza esta conversión de formato es el Serializador.

El segundo diagrama de la Figura, realiza la conversión inversa o sea de Componentes Digitales (SDI - 270 Mbps) a Digital Compuesto (NTSC-PAL).

Este dispositivo se denomina De-serializador.

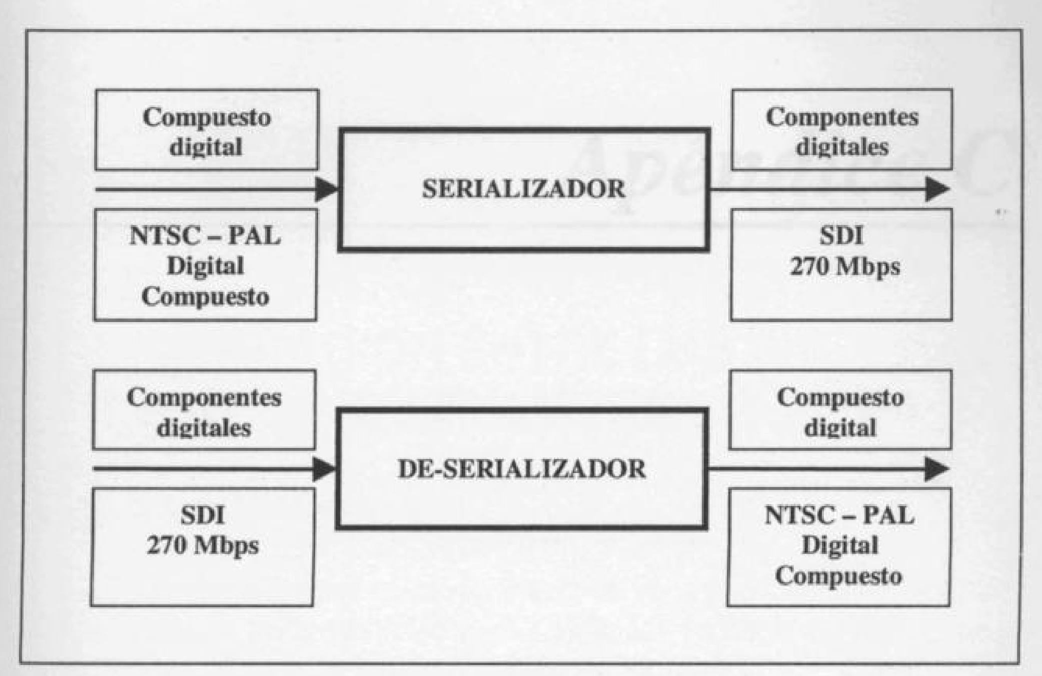
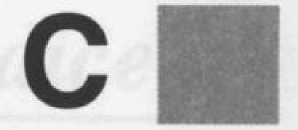


Figura B.6. Serializador y De-serializador.

Apéndice C

Comparación entre los Sistemas de Compresión MPEG-1 y MPEG-2



COMPARACION ENTRE LOS SISTEMAS DE COMPRESION MPEG-1 Y MPEG-2

C.1 Introducción.

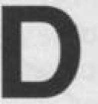
Las características más significativas, comunes y no comunes, entre los sistemas de compresión MPEG-1 y MPEG-2, se resumen en la Tabla 1.

Parámetro	MPEG-1	MEG-2
Velocidad binaria máxima	1,5 Mbps	80 Mbps
Resolución	352 X 240	1920 X 1152
Tipo de barrido de la señal	Progresivo	Entrelazado y progresivo
Tipo de compresión	Estimación y compensación de movimiento. Codificación de la transformada. Envío o desplazamiento de los cuadros diferencia.	
Tipo de transformada	Transformada del Coseno Discreto. (DCT). Para la transformación se toman bloques de 8x8 pixeles	
Cuantificación de los coeficientes de los bloques DCT	8 bits	9 ó 10 bits
Relación de aspecto.	4:3	Soporta 4:3 y 16:9
Estructura de cuadro.	GOP. Cuadros I, codificación intracuadro. Cuadros P, codificación predictiva. Cuadros B, codificación con predicción bi-direccional.	
VLC. Tabla de Huffman.	Tabla de Huffman simple.	Tabla de Huffman más compleja.
Frecuencias de muestreo de audio.	32 - 44,1 y 48 KHz	32 - 44,1 y 48 KHz 16 – 22,05 – 24 KHz
Sistema de compresión de audio.	Musicam I. Mono o stereo.	Musicam I. Dolby AC-3 / 5.1

Tabla 1. Características principales entre los sistemas de compresión MPEG-1 y MPEG-2.

Apéndice D

Estimación de Movimiento



ESTIMACION DE MOVIMIENTO

D.1 Estimación de Movimiento por el método de Correlación de Fase.

La estimación de Movimiento PhC (Phase Correlation), ha sido desarrollada para tener mayor precisión que el método de igualación o matching de bloques, visto en el Capítulo 5.

En imágenes con gran cantidad de movimientos, como ser programas de deportes con movimientos rápidos, el método de igualación de bloques necesita gran cantidad de software, para efectuar los cálculos de la estimación del movimiento.

El método por Correlación de Fase, resulta ser más exacto que el método de igualación. Este se basa en la utilización de las transformadas de Fourier.

D.2 Transformada de Fourier.

La transformada de Fourier, es una técnica de procesamiento, que analiza el cambio de las señales con respecto al tiempo y las expresa bajo la forma de un espectro.

Cualquier forma de onda, puede ser descompuesta en componentes de frecuencia. Para ello, basta conocer la amplitud y la fase de cada una de ellas.

De esta forma, la suma lineal de las componentes resultantes, da como resultado una nueva forma de onda, denominada transformada inversa, ver Figura D.1.

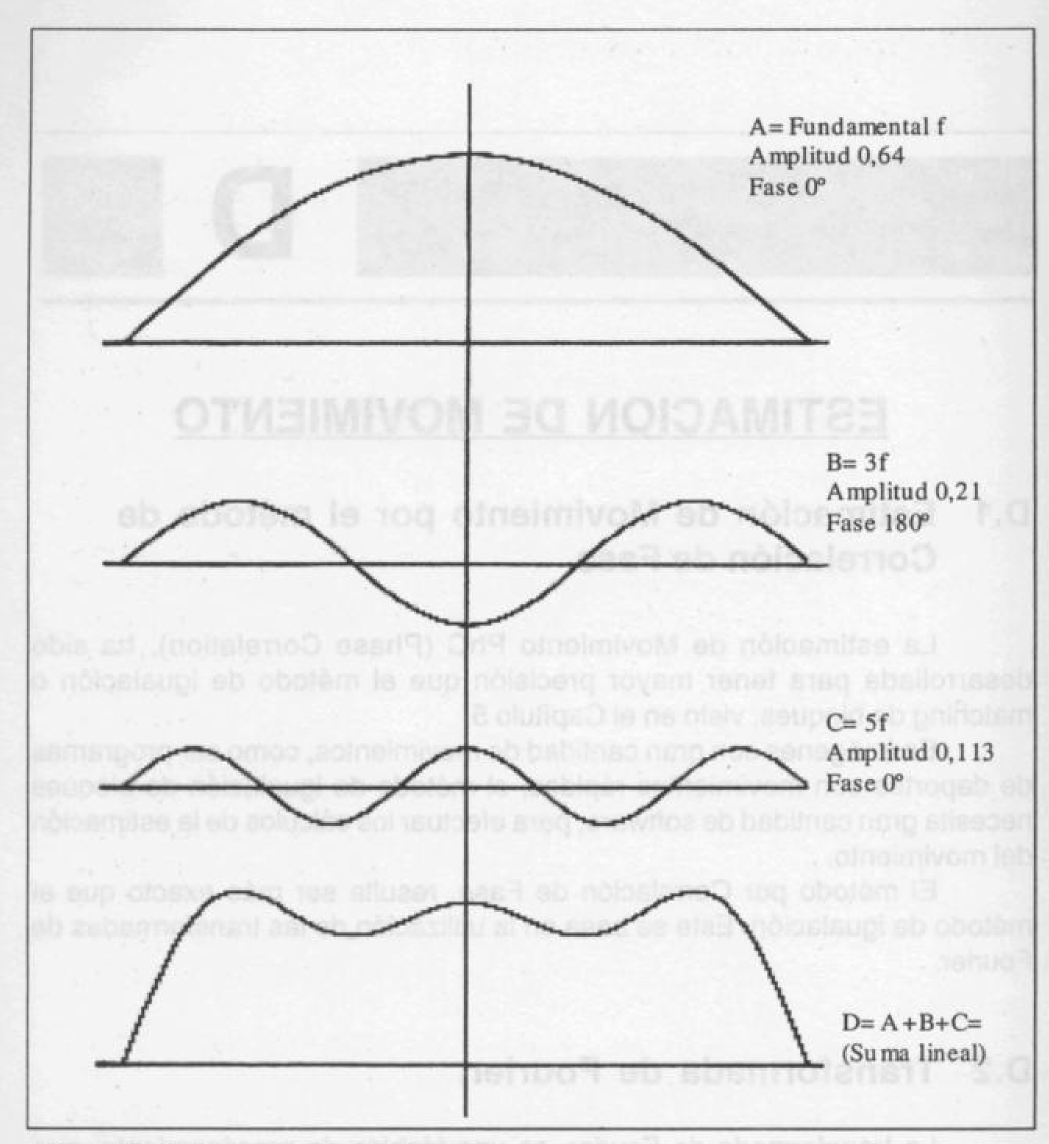


Figura D.1. Transformada inversa.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

De la Figura podemos apreciar que; en (A) tenemos una señal de frecuencia fundamental con una amplitud de 0,64 y una fase de 0º. En (B) la fundamental es 3f, la amplitud 0,21 y la fase de 180º. En (C) la fundamental es 5f, la amplitud 0,113 y la fase de 0º. Sumando las tres componentes A, B y C, tenemos la transformada inversa (D).

D.3 Estimación del movimiento.

En el Capítulo 5, al analizar el sistema de compresión MPEG-2, hemos visto el método de igualación de bloques. El fundamento, recordemos aquí es el siguiente; se selecciona de la imagen un bloque de pixeles y se lo almacena en memoria. En la siguiente imagen se efectúa el apareamiento y pueden suceder dos cosas: que ese bloque de pixeles esté en el mismo lugar que en la imagen anterior. Esto significa que no hubo movimiento entre las imágenes sucesivas. Por el contrario, si el bloque de pixeles de esta imagen está en distinta posición que en la imagen anterior, significa que ha habido un movimiento. Se puede determinar en que forma se ha movido este bloque de la imagen anterior a ésta, mediante un vector de movimiento.

También, hemos visto que junto a las imágenes diferencia, se envían los vectores de movimiento y los errores de predicción.

Para el método de igualación de bloques, como se había mencionado anteriormente, se necesita una gran cantidad de software para efectuar los cálculos. Veamos un ejemplo: supongamos que un objeto se ha desplazado 16 pixeles de una imagen a la siguiente. En este caso será necesario probar 16 diferentes desplazamientos horizontales en cada uno de las 16 posiciones en sentido vertical. Esto nos da un total de más de 70.000 posiciones de pixeles. En cada una de estas posiciones, un pixel del bloque de la imagen anterior debe ser comparado con el pixel del bloque de la imagen actual.

Una forma de reducir los cálculos que se van a efectuar, es llevar a cabo el apareamiento por etapas. En este caso, la primera etapa carece de precisión, pues abarca un gran rango de movimientos. En cambio, la última etapa es muy precisa, pero cubre solamente un pequeño rango. Sin embargo, un error dará como resultado una pequeña correlación entre ambas imágenes, incrementándose el número de datos diferencia.

La calidad se perderá, solo si los datos diferencia no pueden ser transmitidos, debido a un reducido número de bits.

En este Apéndice, desarrollaremos un método más preciso de Estimación de Movimiento, que es el de Correlación de Fase. Este, se basa en la aplicación de una transformada de Fourier en los bloques de pixeles de las imágenes sucesivas, restando luego todas las fases de los componentes espectrales.

Estas diferencias de fase, presentan una transformación inversa, que directamente muestra los picos cuyas posiciones corresponden a los movimientos entre las imágenes.

D.4 Sistemas de fase lineal.

Todas las señales en televisión, deben tener una fase lineal. Un sistema de estas características, es aquel en que el retardo de una señal, es el mismo para todas las frecuencias.

Si una señal de video atraviesa un dispositivo que no es de fase lineal, las distintas componentes de frecuencia de los bordes de la imagen, sufren un corrimiento.

Para interpretar el significado de fase lineal, se muestra un ejemplo en la Figura D.2.

Consideramos que el extremo de la izquierda del eje de frecuencia (0), está firmemente anclado. En cambio, el extremo de la derecha puede ser rotado, para representar un cambio de posición a través de la pantalla.

Podemos apreciar que a medida que el eje gira uniformemente, el resultado es un desplazamiento de fase proporcional a la frecuencia.

Un sistema con esta característica posee fase lineal.

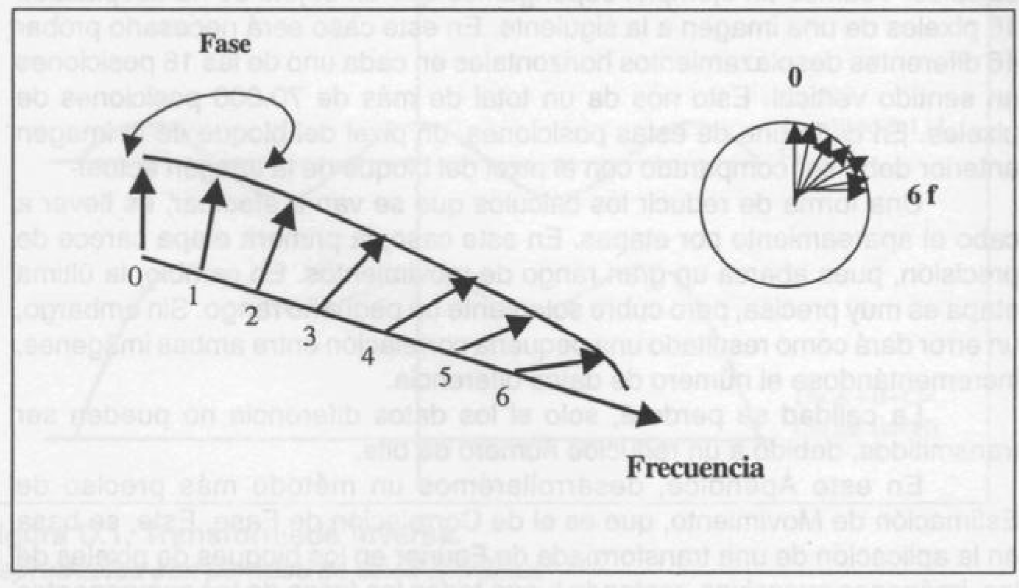


Figura D.2. Linealidad de fase.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

En el dominio espacial, un desplazamiento de fase corresponde a un movimiento físico. La Figura D.3 muestra que si entre los campos, una forma de onda se mueve a lo largo de la línea, la frecuencia inferior en la transformada de Fourier, experimentará un desplazamiento de fase determinado. Por ende, el doble de esa frecuencia experimentará el doble de ese desplazamiento de fase y así sucesivamente. De esta manera, resulta posible medir el movimiento entre dos campos sucesivos, si se analizan las diferencias de fase entre los espectros de Fourier. Esta es la base de la correlación de fase.

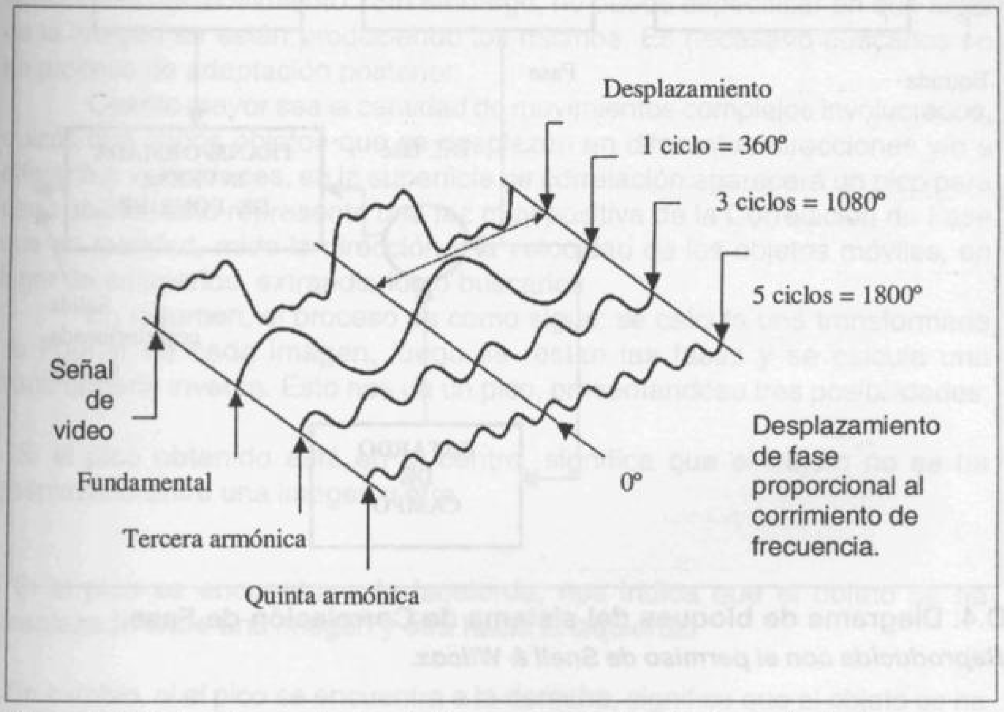
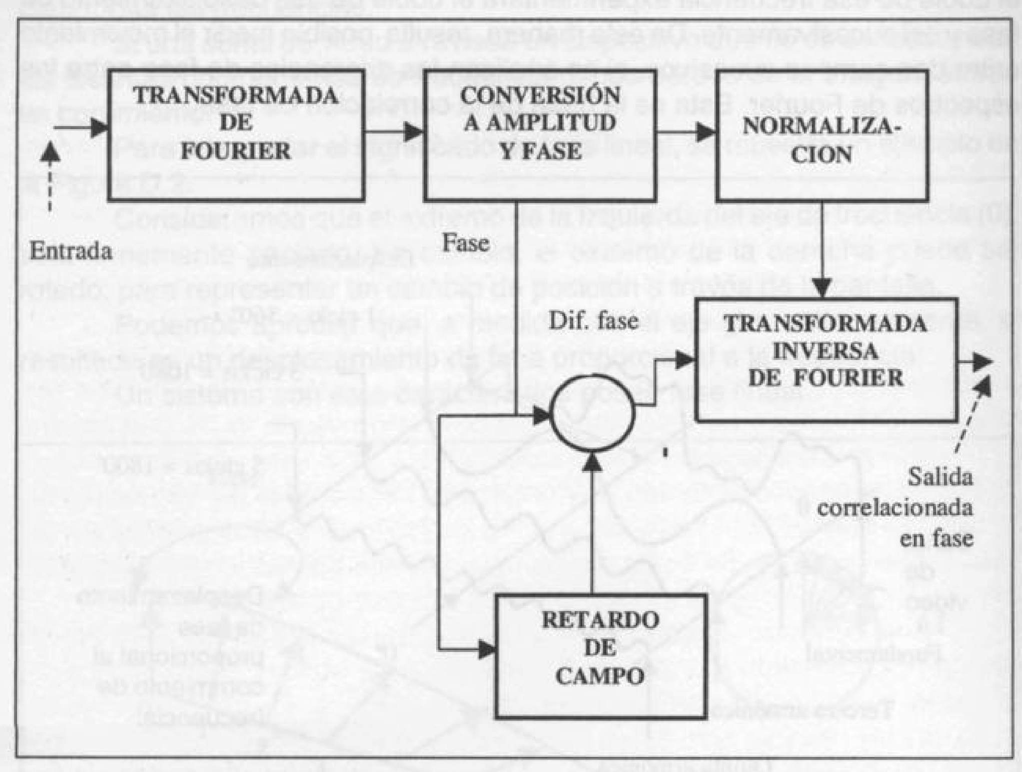


Figura D.3. Desplazamiento de fase proporcional al corrimiento de frecuencia.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

En un sistema de fase lineal, el desplazamiento de la forma de onda de video a través de la pantalla, provoca desplazamientos de fase en cada componente. Estos desplazamientos son proporcionales a la frecuencia.

En la Figura D.4 se muestra cómo funciona este proceso. Las transformadas de Fourier, de los distintos bloques de pixeles en campos sucesivos, se calculan y expresan en notación polar (amplitud y fase).

Cada una de las fases de una transformada, se restan de las fases de las mismas frecuencias en la otra transformada. En ese caso, cualquier componente de frecuencia con una amplitud significativa, es normalizada hasta su amplitud total.



D.4. Diagrama de bloques del sistema de Correlación de Fase.
Reproducida con el permiso de Snell & Wilcox.

El resultado es una serie de componentes de frecuencia, donde cada uno posee la misma amplitud, pero cuyas fases corresponden a la diferencia entre dos bloques.

En la Figura D.5 se muestra el proceso completo. Si ambas imágenes son iguales, no hay diferencias de fase entre ellas. De este modo, todas las componentes de frecuencias se agregan con una fase de grado cero, para producir una cresta única en el centro de la transformada inversa.

Si en cambio, se ha producido un movimiento entre ambas imágenes, cada una de las componentes tendrá diferencias de fases, lo que dará como resultado un pico o cresta. Esta es desplazada del centro de la transformada inversa, por la distancia de desplazamiento. De esta manera, la correlación de fase mide realmente el movimiento entre las distintas imágenes.

En el caso que haya objetos moviendose a diferentes velocidades, en la parte c) de la Figura se muestra que la transformada inversa contendría un pico, correspondiente a la distancia desplazada por cada objeto.

La correlación de fase mide con precisión las velocidades y las direcciones del movimiento. Sin embargo, no puede especificar en qué lugar de la imagen se están produciendo los mismos. Es necesario buscarlos en un proceso de adaptación posterior.

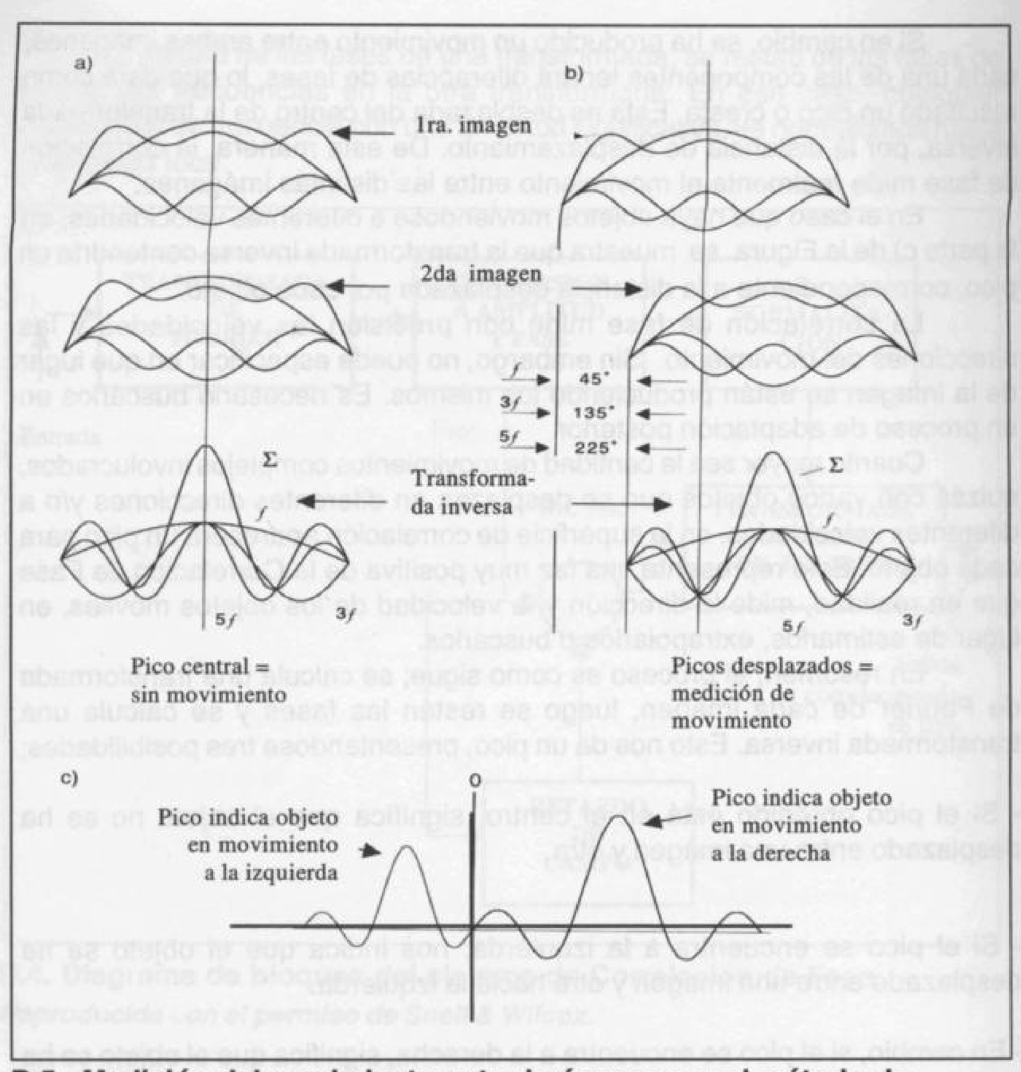
Cuanto mayor sea la cantidad de movimientos complejos involucrados, quizás con varios objetos que se desplazan en diferentes direcciones y/o a diferentes velocidades, en la superficie de correlación aparecerá un pico para cada objeto. Esto representa una faz muy positiva de la Correlación de Fase que en realidad, mide la dirección y la velocidad de los objetos móviles, en lugar de estimarlos, extrapolarlos o buscarlos.

En resumen, el proceso es como sigue; se calcula una transformada de Fourier de cada imagen, luego se restan las fases y se calcula una transformada inversa. Esto nos da un pico, presentandose tres posibilidades;

- Si el pico obtenido está en el centro, significa que el objeto no se ha desplazado entre una imagen y otra.

- Si el pico se encuentra a la izquierda, nos indica que el objeto se ha desplazado entre una imagen y otra hacia la izquierda.

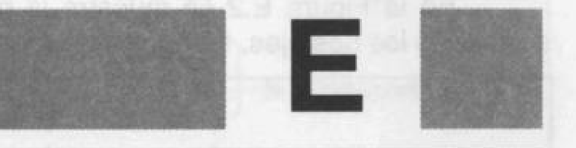
- En cambio, si el pico se encuentra a la derecha, significa que el objeto se ha desplazado entre una imagen y otra hacia la derecha.



D.5. Medición del movimiento entre imágenes por el método de Correlación de Fase.
Reproducida con permiso de Snell & Wilcox.

Apéndice E

El Sistema de Modulación COFDM



EL SISTEMA DE MODULACION COFDM

E.1. Introducción.

El sistema de modulación COFDM (Coded Orthogonal Frecuency Division Multiplex), es utilizado en el estándar DVB-T.

Este tipo de modulación, consiste en un set de portadoras y cada una de ellas es modulada por una serie de datos, en los modos QPSK, 16 QAM y 64 QAM.

E.2. El sistema de modulación COFDM.

En el sistema de modulación COFDM, el espectro del canal es particionado en los dominios del tiempo y de la frecuencia. En la Figura E.1 se representa ese espectro.

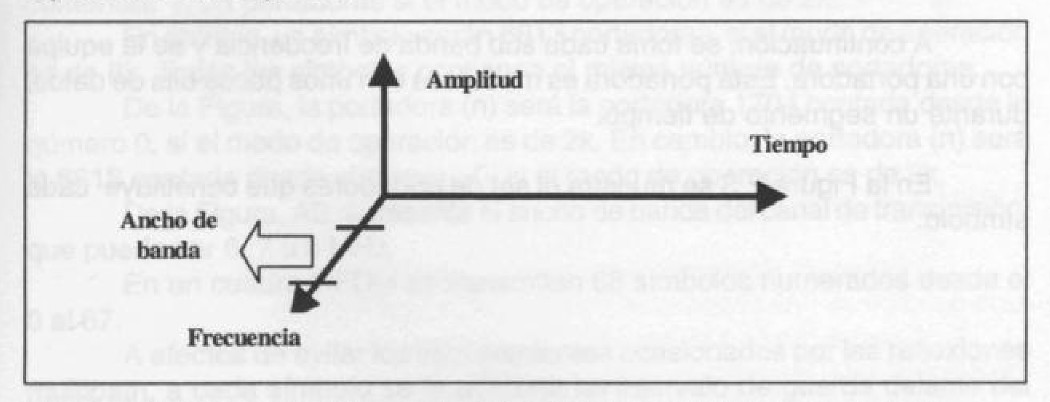


Figura E.1. Espectro del canal en los dominios del tiempo y de la frecuencia.

De esta forma, el canal de transmisión es particionado en ambos dominios. En el dominio de la frecuencia, se lo divide en sub bandas angostas y en el dominio del tiempo, se lo divide en segmentos de tiempo.

En la Figura E.2 se muestra la partición del canal, representando solamente los dos ejes, tiempo y frecuencia.

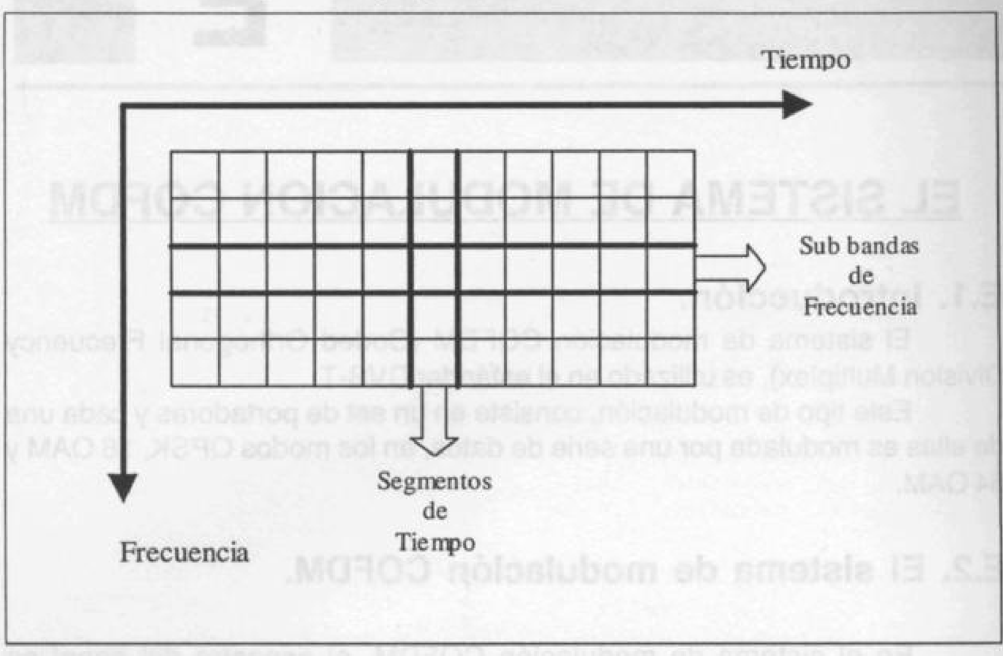


Figura E.2. Partición del canal de transmisión en los dominios del tiempo y de la frecuencia.

A continuación, se toma cada sub banda de frecuencia y se la equipa con una portadora. Esta portadora es modulada con unos pocos bits de datos, durante un segmento de tiempo.

En la Figura E.3 se muestra el set de portadoras que constituye cada símbolo.

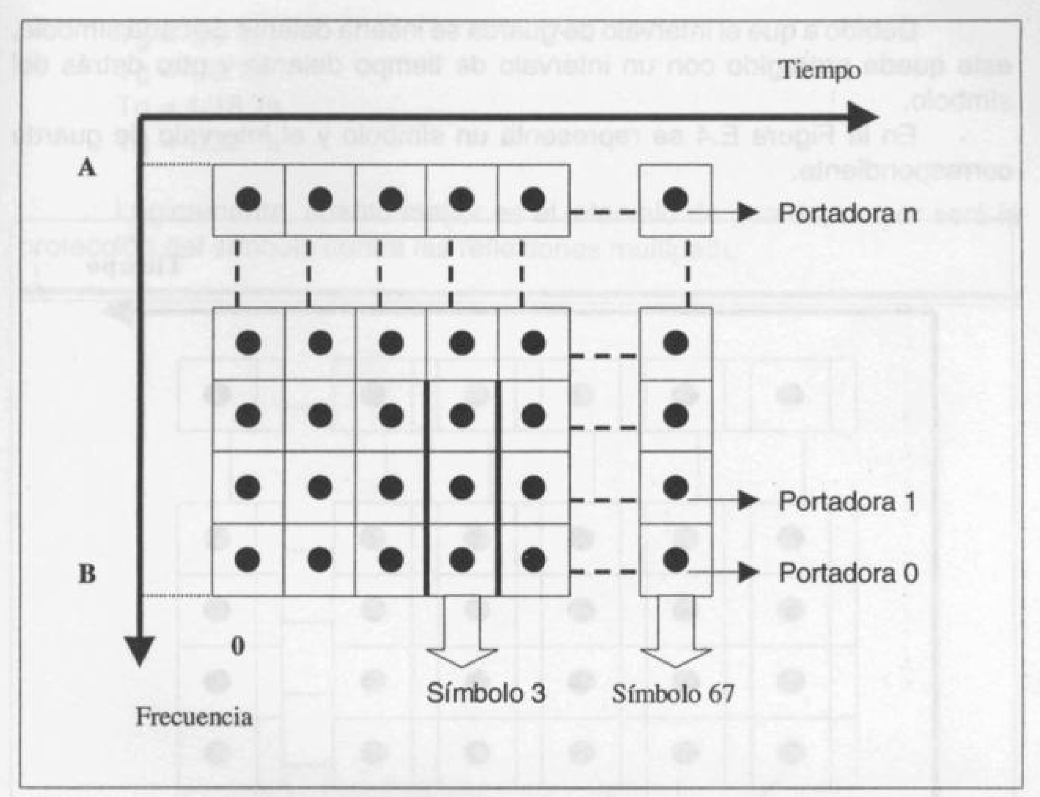


Figura E.3. Set de portadoras representando cada símbolo.

Un símbolo está constituído por un set de portadoras. Ese set contendrá 1705 portadoras si el modo de operación es de 2k.

En cambio, un símbolo serán 6817 portadoras, si el modo de operación es de 8k. Todos los símbolos contienen el mismo número de portadoras.

De la Figura, la portadora (n) será la portadora 1704 contada desde la número 0, si el modo de operación es de 2k. En cambio, la portadora (n) será la 6816 contada desde el número 0, si el modo de operación es de 8k.

De la Figura, AB representa el ancho de banda del canal de transmisión, que puede ser 6, 7 u 8 MHz.

En un cuadro OFDM se transmiten 68 símbolos numerados desde el 0 al 67.

A efectos de evitar los inconvenientes ocasionados por las reflexiones multipath, a cada símbolo se le adiciona un intervalo de guarda delante del mismo.

Debido a que el intervalo de guarda se inserta delante de cada símbolo, este queda protegido con un intervalo de tiempo delante y otro detrás del símbolo.

En la Figura E.4 se representa un símbolo y el intervalo de guarda correspondiente.

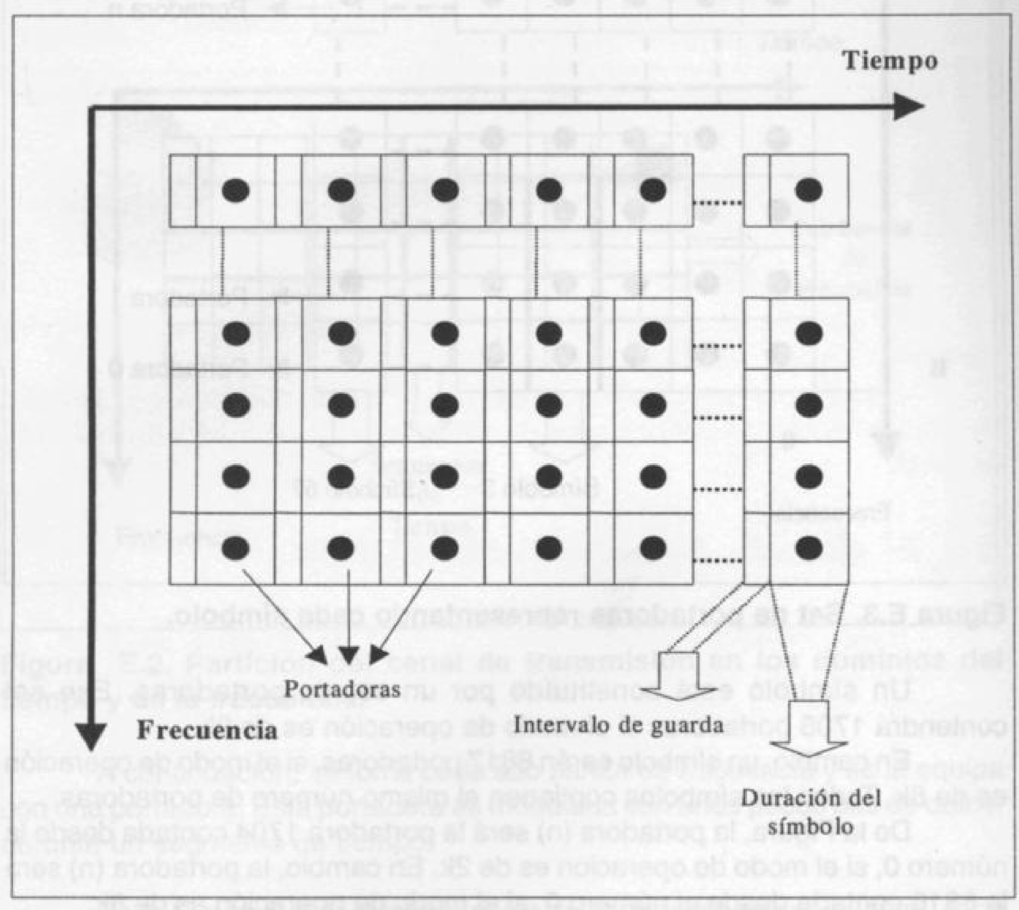


Figura E.4. Símbolo e intervalo de guarda.

El intervalo de guarda puede tener cuatro tiempos diferentes. Pero cada uno de ellos es una proporción de la duración del símbolo.

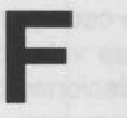
Considerando a la duración del símbolo como Ts, las cuatro variantes de duración del intervalo de guarda Tg son:

Tg = 1/4 Ts
Tg = 1/8 Ts
Tg = 1/16 Ts
Tg = 1/32 Ts

Logicamente, cuanto mayor es el intervalo de guarda, mayor será la protección del símbolo contra las reflexiones multipath.

Apéndice F

Parámetros y Características para DVB-T en 6 MHz



PARAMETROS Y CARACTERISTICAS PARA DVB-T EN 6 MHz.

F.1. Parámetros característicos.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros característicos, para la modulación COFDM. Estos corresponden para un espectro de 6 MHz de ancho de banda del canal.

Parámetros	8K	2K
Número de portadoras	6.817	1.705
Duración útil del símbolo Tu. (uSeg).	1194,66	298,66
Intervalo de guarda Tg1 =1/4.Tu (uSeg).	298,67	74,67
Intervalo de guarda Tg2 =1/8.Tu (uSeg).	149,33	37,33
Intervalo de guarda Tg3 =1/16.Tu (uSeg).	74,67	18,67
Intervalo de guarda Tg4 =1/32.Tu (uSeg).	37,33	9,33
Duración total del símbolo. Ts1=Tu+Tg1	1493,33	373,33
Duración total del símbolo. Ts2=Tu+Tg2	1344	336
Duración total del símbolo. Ts3=Tu+Tg3	1269,33	317,33
Duración total del símbolo. Ts4=Tu+Tg4	1232	308
Espaciado entre portadoras. Sp = 1/Tu. (Hz)	837,0535714	3348,21429
Número de portadoras reales. Np.	6817	1705
Ancho de banda necesario. (MHz).	5,71	5,71

Tabla 1. Parámetros característicos para COFDM en 6 MHz.

F.2. Velocidades binarias para QPSK.

En la Tabla 2 se muestran las velocidades binarias que se obtienen modulando cada portadora en QPSK.

Estas velocidades, son para 6 MHz de ancho de banda del canal, distintas relaciones de código e intervalos de guarda.

Nótese que a igualdad de relación de código, cuanto más pequeño es el intervalo de guarda, la velocidad binaria es mayor.

La mayor velocidad en QPSK, se obiene con la relación de código y el intervalo de guarda más pequeño.

Relación de código: 7/8
Intervalo de guarda: 1/32
Velocidad binaria: 7,92 Mbps.

Se puede hacer un poco más robusto al sistema, si se combina una mejor relación de código con un intervalo de guarda mayor. Pero la velocidad binaria en este caso, será menor.

Modulación	Bits por simbolo	Relación de código.	Intervalo de guarda.	Velocidad binaria. (Mbps)
QPSK	2	(1/2)	(1/4)	3,73
QPSK	2	(1/2)	(1/8)	4,15
QPSK	2	(1/2)	(1/16)	4,39
QPSK	2	(1/2)	(1/32)	4,52
QPSK	2	(2/3)	(1/4)	4,98
QPSK	2	(2/3)	(1/8)	5,53
QPSK	2	(2/3)	(1/16)	5,85
QPSK	2	(2/3)	(1/32)	6,03
QPSK	2	(3/4)	(1/4)	5,6
QPSK	2	(3/4)	(1/8)	6,22
QPSK	2	(3/4)	(1/16)	6,59
QPSK	2	(3/4)	(1/32)	6,79
QPSK	2	(5/6)	(1/4)	6,22
QPSK	2	(5/6)	(1/8)	6,91
QPSK	2	(5/6)	(1/16)	7,32
QPSK	2	(5/6)	(1/32)	7,54
QPSK	2	(7/8)	(1/4)	6,53
QPSK	2	(7/8)	(1/8)	7,26
QPSK	2	(7/8)	(1/16)	7,68
QPSK	2	(7/8)	(1/32)	7,92

Tabla 2. Velocidades binarias en QPSK, para distintas relaciones de códigos e intervalos de guarda, para 6 MHz de ancho de banda del canal.

F.3. Velocidades binarias para 16-QAM.

En la Tabla 3 se representan las velocidades binarias, para cuando cada portadora es modulada en 16-QAM.

Estas velocidades son para un canal de 6 MHz de ancho de banda, para distintas relaciones de código e intervalos de guarda.

Modulación	Bits por simbolo	Relación de código.	Intervalo de guarda.	Velocidad binaria. (Mbps)
16 QAM	4	(1/2)	(1/4)	7,46
16 QAM	4	(1/2)	(1/8)	8,29
16 QAM	4	(1/2)	(1/16)	8,78
16 QAM	4	(1/2)	(1/32)	9,05
16 QAM	4	(2/3)	(1/4)	9,95
16 QAM	4	(2/3)	(1/8)	11,06
16 QAM	4	(2/3)	(1/16)	11,71
16 QAM	4	(2/3)	(1/32)	12,06
16 QAM	4	(3/4)	(1/4)	11,2
16 QAM	4	(3/4)	(1/8)	12,44
16 QAM	4	(3/4)	(1/16)	13,17
16 QAM	4	(3/4)	(1/32)	13,57
16 QAM	4	(5/6)	(1/4)	12,44
16 QAM	4	(5/6)	(1/8)	13,82
16 QAM	4	(5/6)	(1/16)	14,64
16 QAM	4	(5/6)	(1/32)	15,08
16 QAM	4	(7/8)	(1/4)	13,06
16 QAM	4	(7/8)	(1/8)	14,52
16 QAM	4	(7/8)	(1/16)	15,37
16 QAM	4	(7/8)	(1/32)	15,83

Tabla 3. Velocidades binarias en 16-QAM, para distintas relaciones de código e intervalos de guarda, para 6 MHz de ancho de banda del canal.

F.4. Velocidades binarias para 64-QAM.

En la Tabla 4 se muestran las velocidades binarias obtenidas, cuando cada portadora es modulada en 64-QAM. Estas velocidades corresponden a distintas relaciones de código e intervalos de guarda.

Modulación	Bits por simbolo	Relación de código.	Intervalo de guarda.	Velocidad binaria. (Mbps)
64 QAM	6	(1/2)	(1/4)	11,2
64 QAM	6	(1/2)	(1/8)	12,44
64 QAM	6	(1/2)	(1/16)	13,17
64 QAM	6	(1/2)	(1/32)	13,52
64 QAM	6	(2/3)	(1/4)	14,93
64 QAM	6	(2/3)	(1/8)	16,59
64 QAM	6	(2/3)	(1/16)	17,56
64 QAM	6	(2/3)	(1/32)	18,1
64 QAM	6	(3/4)	(1/4)	16,8
64 QAM	6	(3/4)	(1/8)	18,66
64 QAM	6	(3/4)	(1/16)	19,76
64 QAM	6	(3/4)	(1/32)	20,36
64 QAM	6	(5/6)	(1/4)	18,66
64 QAM	6	(5/6)	(1/8)	20,73
64 QAM	6	(5/6)	(1/16)	21,95
64 QAM	6	(5/6)	(1/32)	22,62
64 QAM	6	(7/8)	(1/4)	19,6
64 QAM	6	(7/8)	(1/8)	21,77
64 QAM	6	(7/8)	(1/16)	23,05
64 QAM	6	(7/8)	(1/32)	23,75

Tabla 4. Velocidades binarias en 64-QAM, para distintas relaciones de código e intervalos de guarda, para 6 MHz de ancho de banda del canal.

Modulando cada portadora en 64-QAM, se puede transportar un programa de HDTV ó varios programas de SDTV, a una velocidad final de datos de 23,75 Mbps en 6 MHz de ancho de banda. Pero con una relación de código de 7/8 y un intervalo de guarda de 1/32. En este caso el sistema es poco robusto.

Una mayor robustez, se obtiene transportando en el mismo ancho de banda a 19,76 Mbps, un programa de HDTV o varios programas de SDTV. En este caso, la relación de código a emplear es de 3/4 y el intervalo de guarda de 1/16.

Apéndice G

Modulación QPSK, 16-QAM y 64-QAM



MODULACION QPSK, 16-QAM Y 64-QAM

G.1 Introducción.

A continuación, analizaremos las modulaciones utilizadas en el estándar DVB.

En Sistemas Digitales de Satélite, el estándar DVB-S emplea la modulación QPSK, de portadora única.

En Sistemas Digitales de Cable, el estándar DVB-C utiliza la modulación 64-QAM, también de portadora única.

El estándar DVB-T para Sistemas Aéreos o Televisión Digital Terrestre, emplea la modulación COFDM de múltiples portadoras. Cada una de las miles de portadoras, son moduladas por el tren de datos en QPSK ó 64-QAM.

La modulación utilizada, dependerá de la robustez que se requiera del sistema.

G.2 Modulación QPSK.

La modulación QPSK es una modulación digital por desplazamiento de fase. La característica principal es que, una sola frecuencia de la portadora, produce cuatro fases distintas de salida. En cada una de estas fases, la amplitud siempre se mantiene constante.

En la Figura G.1 se representa el diagrama del modulador QPSK y las cuatro fases de salida.

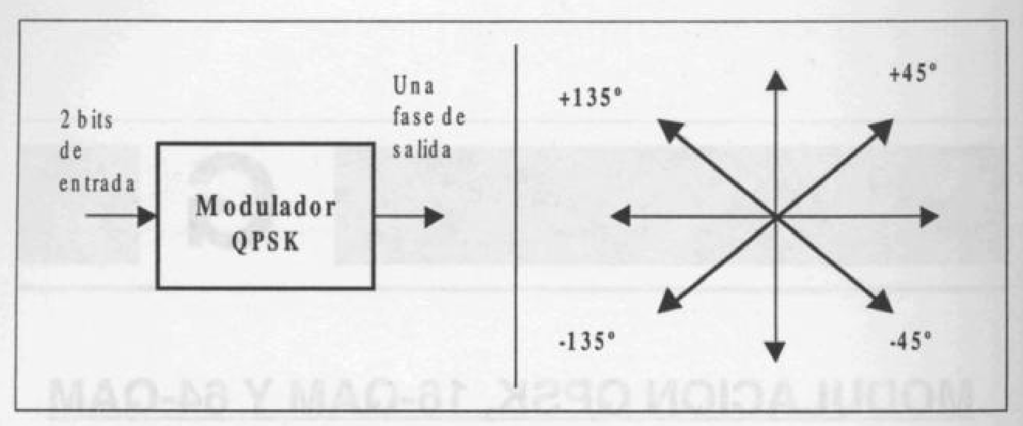


Figura G.1. Fases de salida de un modulador QPSK.

Por cada dos bits que entran al modulador, a la salida se produce una rotación de fase. A la entrada del modulador tenemos cuatro estados diferentes. Cada estado tiene dos bits. Por ello, para cada uno de los estados tenemos una fase. En total, tenemos cuatro estados de dos bits cada uno. Esto implica a la salida, cuatro fases distintas (+45º, -45º, +135º y –135º).

Cada dos bits de datos modulan la portadora.

El diagrama de vectores se denomina diagrama fasorial.

G.3 Diagrama esquemático de un modulador QPSK.

El modulador QPSK está conformado por dos moduladores balanceaos, ver Figura G.2.

A continuación analizaremos el funcionamiento de este modulador.

En (A) tenemos la entrada de datos (dos bits por vez). De los dos bits de entrada, el primer bit se deriva por el canal I y el segundo bit se deriva por el canal Q.

En (B) y en (C) tenemos que:

1 lógico = +1V
0 lógico = -1 V

En (D) tenemos el oscilador de la portadora de referencia, con una fase de 0º que alimenta al primer modulador balanceado. Esta fase corresponde a Sen Wt.

En (E) el oscilador de la portadora de referencia, alimenta al modulador balanceado del canal Q, con una fase de 90º. Esta fase corresponde a Cos Wt.

El bit que se deriva por el canal I modula una portadora que está en fase con el oscilador. El bit que se deriva por el canal Q modula una portadora *que está 90º fuera de fase con el oscilador.*

A la salida del modulador del canal I (F), tenemos *dos condiciones* posibles; +/- Sen Wt.

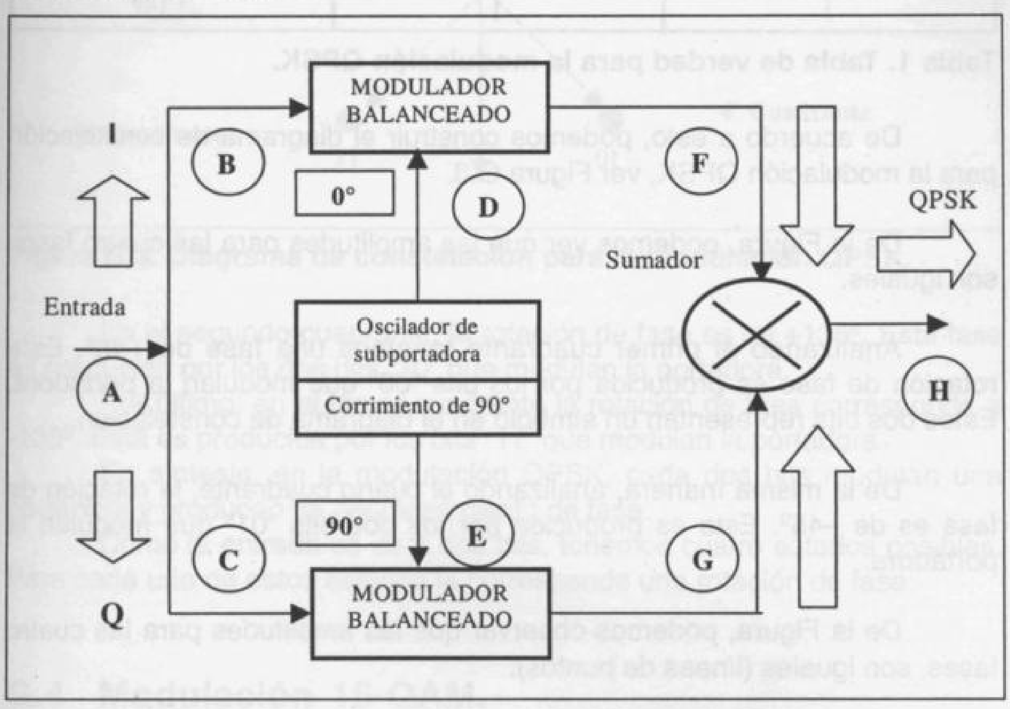


Figura G.2. Diagrama esquemático de un modulador QPSK.

De la misma manera, a la salida del modulador del canal Q (G), también tenemos dos condiciones posibles; +/- Cos Wt.

Luego, la salida de ambos moduladores I y Q, son sumados obteniendose de esta forma cuatro fases posibles en la salida (H) que son;

1º) +Sen Wt + Cos Wt
2º) +Sen Wt – Cos Wt
3º) –Sen Wt + Cos Wt
4º) – Sen Wt – Cos Wt

A la entrada del modulador tenemos cuatro estados posibles. En la Tabla 1 se muestra esta condición y las cuatro fases de salida.

Entrada canal I	Entrada canal Q	Salida QPSK
0	0	+45°
0	1	-45°
1	0	+135°
1	1	-135°

Tabla 1. Tabla de verdad para la modulación QPSK.

De acuerdo a esto, podemos construir el diagrama de constelación para la modulación QPSK, ver Figura G.3.

De la Figura, podemos ver que las amplitudes para las cuatro fases son iguales.

Analizando el primer cuadrante tenemos una fase de +45º. Esta rotación de fase es producida por los bits "00" que modulan la portadora. Estos dos bits representan un símbolo en el diagrama de constelación.

De la misma manera, analizando el cuarto cuadrante, la rotación de fase es de –45º. Esta es producida por los dos bits "01" que modulan la portadora.

De la Figura, podemos observar que las amplitudes para las cuatro fases, son iguales (líneas de puntos).

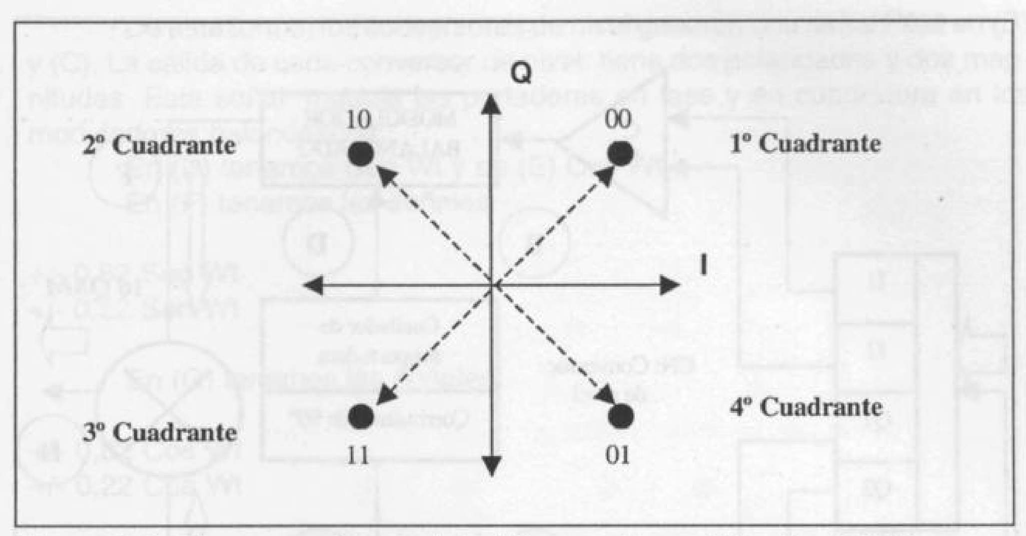


Figura G.3. Diagrama de constelación para la modulación QPSK.

En el segundo cuadrante, la rotación de fase es de +135º. Esta fase es producida por los dos bits "10" que modulan la portadora.

Por último, en el tercer cuadrante la rotación de fase corresponde a -135º. Esta es producida por los bits "11" que modulan la portadora.

En síntesis, en la modulación QPSK, cada dos bits modulan una portadora y producen un desplazamiento de fase.

Como la entrada es de a dos bits, tenemos cuatro estados posibles. Para cada uno de estos estados le corresponde una rotación de fase.

G.4 Modulación 16-QAM.

La modulación QAM es otro tipo de modulación digital. Pero a diferencia de la modulación QPSK, que por cada dos bits de entrada producen una rotación de fase a la salida, para la modulación 16-QAM, por cada cuatro bits de entrada, se produce a la salida un cambio de magnitud y de fase.

En este caso, la información digital está contenida en ambos (magnitud y fase), de la portadora transmitida.

En la Figura G.4 se representa un diagrama esquemático de un modulador 16-QAM.

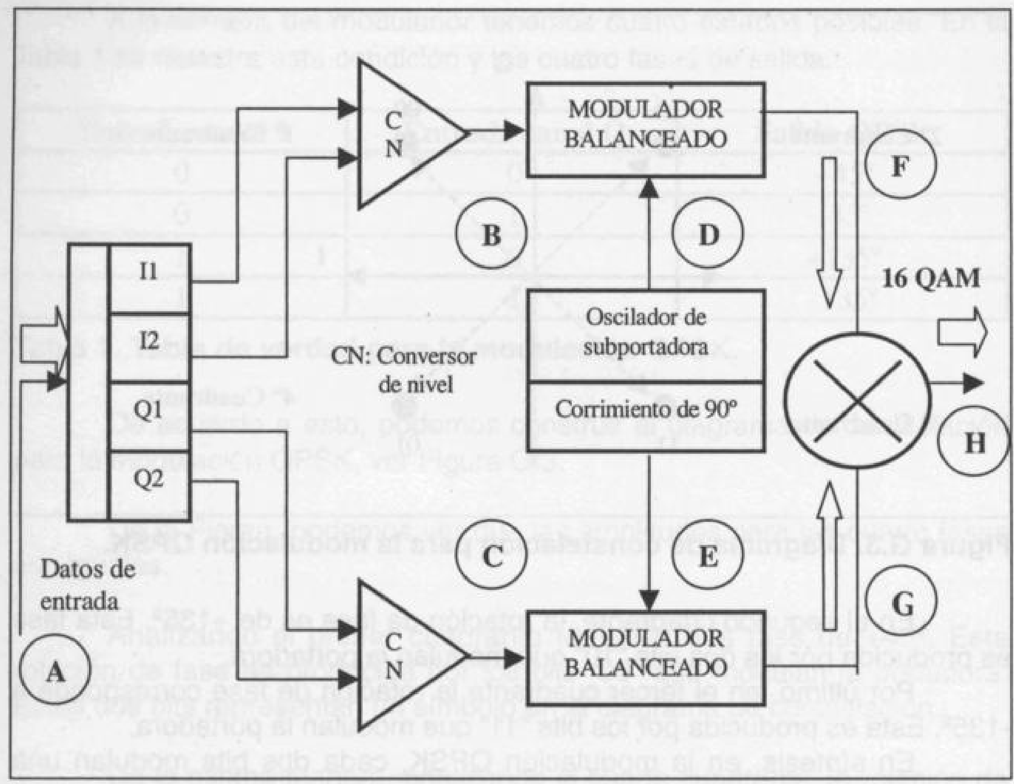


Figura G.4. Diagrama esquemático de un modulador 16-QAM.

Analizando el diagrama de la Figura G.4 vemos que; (A) es la entrada de datos en forma binaria donde ingresan de a cuatro bits por vez.

A continuación, los datos de entrada se dividen en cuatro canales I1, I2, Q1 y Q2. De esta manera, se deriva un bit por canal.

Los bits I1 y Q2 determinan la polaridad de la salida de los conversores de nivel, o sea:

1 = Polaridad (+)
0 = Polaridad (-)

Los bits de los canales I2 y Q2 determinan la magnitud, o sea;

1 = 0,82 V
0 = 0,22 V

De esta forma, los conversores de nivel generan una señal PAM en (B) y (C). La salida de cada conversor de nivel tiene dos polaridades y dos magnitudes. Esta señal modula las portadoras en fase y en cuadratura en los *moduladores balanceados.*

En (D) tenemos Sen Wt y en (E) Cos Wt.

En (F) tenemos las señales:

+/- 0,82 Sen Wt
+/- 0,22 Sen Wt

En (G) tenemos las señales;

+/- 0,82 Cos Wt
+/- 0,22 Cos Wt

De esta manera, por cada modulador balanceado se obtienen cuatro salidas. El sumador combina las salidas de los moduladores balanceados I y Q y produce las 16 condiciones para la modulación 16-QAM.

En la Tabla 2 se muestra la tabla de verdad con los cuatro bits de entrada y la salida 16-QAM.

Entradas				Salida 16 QAM	
I1	I2	Q1	Q2	Amplitud	Fase
0	0	0	0	1,16 V	+45°
0	0	0	1	0,85	+15°
0	0	1	0	0,85	+75°
0	0	1	1	9,31	+45°
0	1	0	0	1,16	-45°
0	1	0	1	0,85	-15°
0	1	1	0	0,85	-75°
0	1	1	1	0,31	-45°
1	0	0	0	1,16	+135°
1	0	0	1	0,85	+165°
1	0	1	0	0,85	+105°
1	0	1	1	0,31	+135°
1	1	0	0	1,16	-135°
1	1	0	1	0,85	-165°
1	1	1	0	0,85	-105
1	1	1	1	0,31	-135°

Tabla 2. Tabla de verdad para la modulación 16-QAM.

En la Figura G.5 se representa el diagrama de constelación para la modulación 16-QAM.

Si analizamos el primer cuadrante, vemos que las fases de 45º son dos. Los bits que producen una de estas rotaciones de fase son "0011" y "0000". Pero además, para cada una de estas fases, se produce un cambio de magnitud.

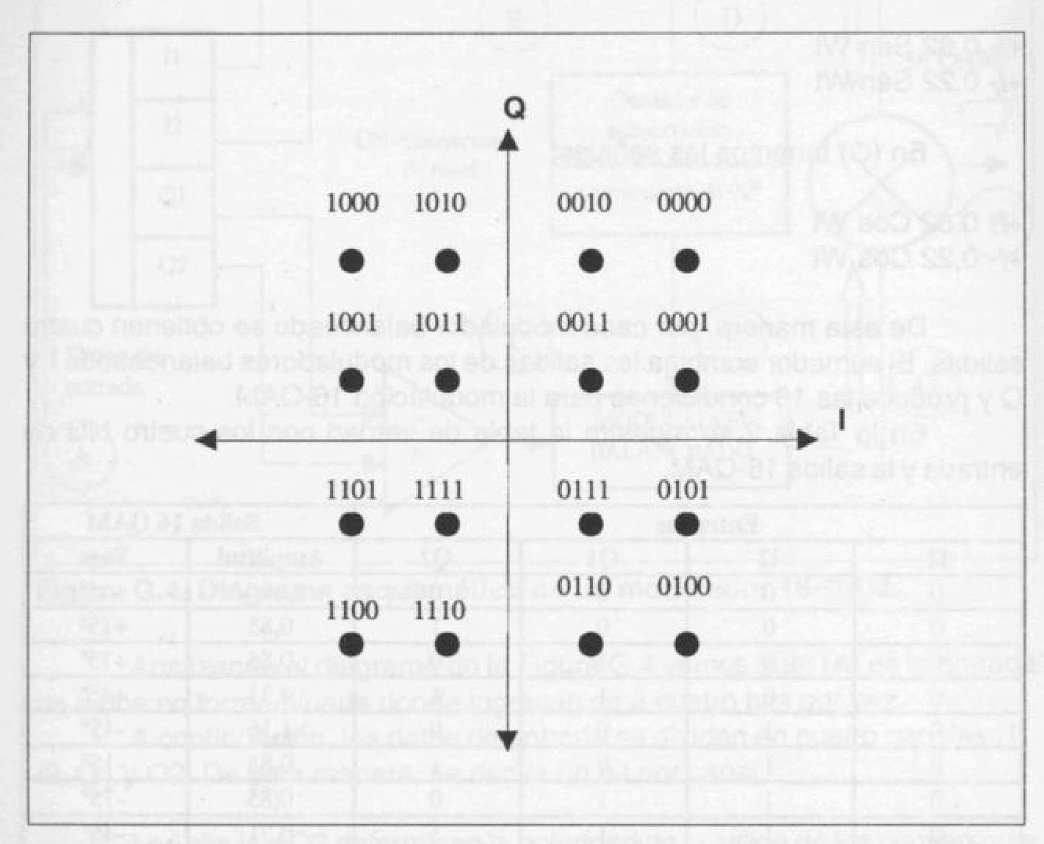


Figura G.5. Diagrama de constelación para la modulación 16-QAM.

G.5 Modulación 64-QAM.

La modulación 64-QAM, se basa en el mismo principio que la modulación 16-QAM. La diferencia reside en que por cada 6 bits de entrada, se producen 64 cambios de fase, amplitud o ambos a la salida.

Para su comprensión, basta con representar el diagrama de constelación. En la Figura G.6 se representa este diagrama, para la modulación 64-QAM.

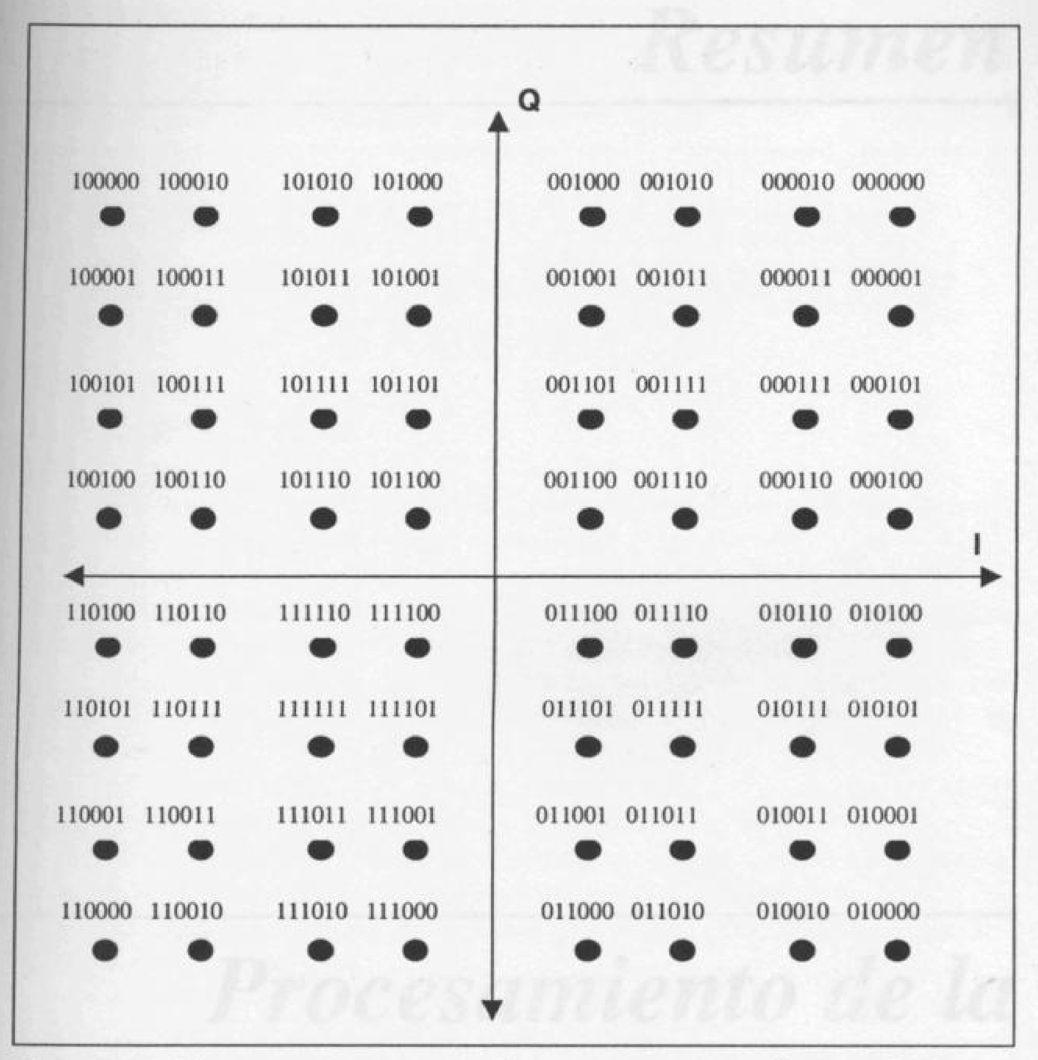


Figura G.6. Diagrama de constelación para la modulación 64 - QAM.

Resumen

Procesamiento de la Señal de Video Digital en Estudio y en Transmisión



PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL DE VIDEO DIGITAL EN ESTUDIO Y EN TRANSMISION

R.1 Introducción.

En la Figura R.1 se muestra un resumen del proceso de la digitalización de la señal de video, compresión, modulación y transmisión.

La señal de video por componentes analógicos (Y, Cb y Cr), es convertida a un flujo de datos serie (SDI) a través de la digitalización. El análisis completo de este proceso, ha sido analizado en el Capítulo 2.

Una vez obtenida la señal SDI, esta es reducida en su velocidad binaria, a través de la Compresión MPEG-2. Este proceso ha sido analizado en los Capítulos 5 y 6.

El flujo de datos comprimido y paquetizado, es multiplexado en un Múltiplex de Transporte. Este proceso se ha visto en el Capítulo 8.

Una vez obtenido el Flujo de Transporte MPEG-2, este es modulado en cualquiera de los distintos tipos de modulación, a saber:

Modulación COFDM de múltiples portadoras, para DTT del estándar ISDB-T.

Modulación 8-VSB, para Televisión Digital Terrestre del estándar ATSC. Esta modulación ha sido analizado en el Capítulo 11.

Modulación QAM de portadora única para Sistemas de Cable del estándar DVB-C. Esta modulación, se ha tratado en el Apéndice G.

Modulación QPSK de portadora única, para Sistemas de Satélite del estándar DVB-S. Esta modulación se ha visto en el Apéndice G.

Modulación COFDM de múltiples portadoras, para DTT del estándar DVB-T. Esta modulación ha sido analizada en el Capítulo 12 y en el Apéndice E.

A manera de resumen, en las Figuras R.2, R.3, R.4, R.5 a) y R.5 b) se muestran cada uno de los procesos mencionados.

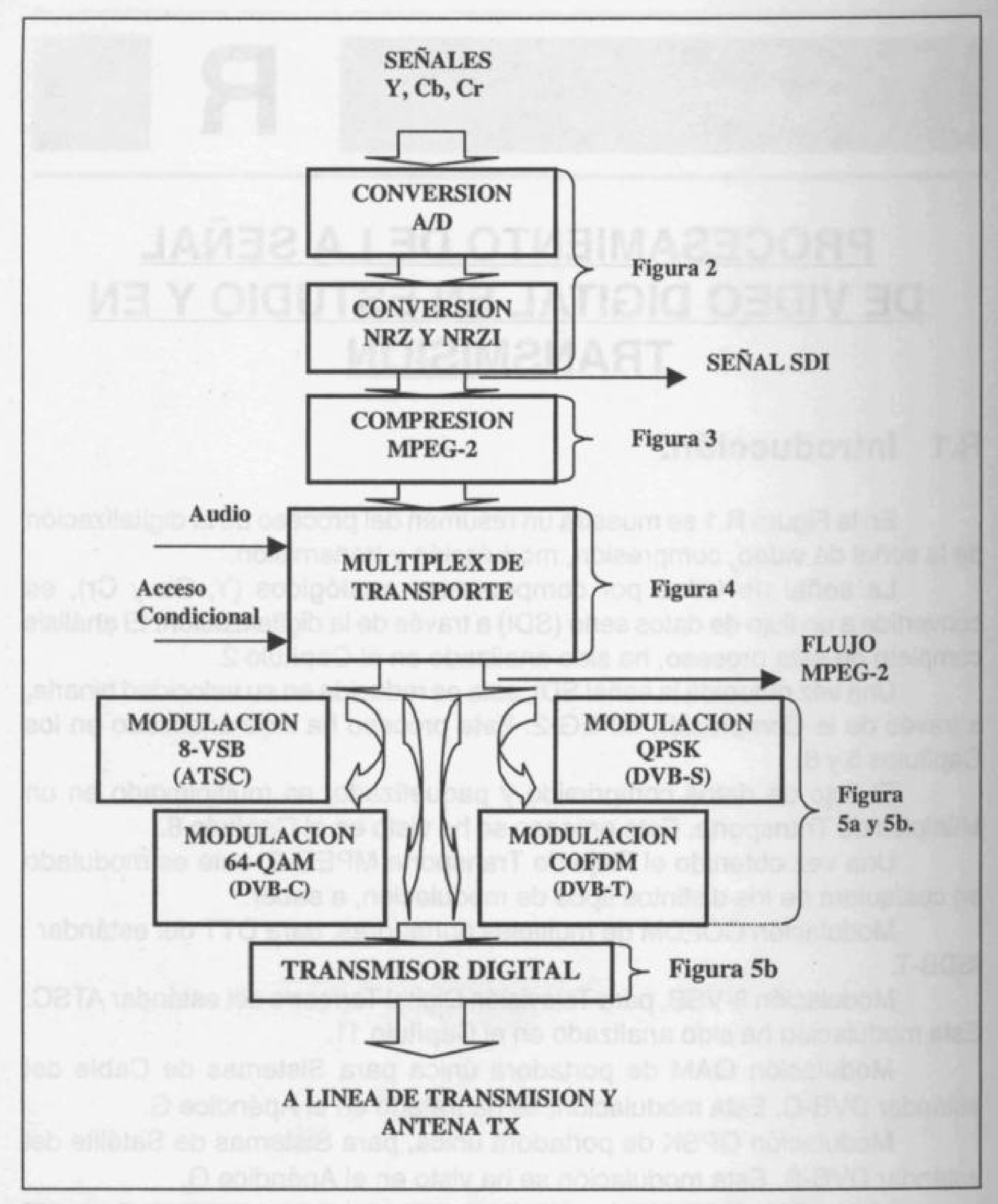


Figura R.1. Procesamiento de la señal de video en Estudio y en Transmisión.

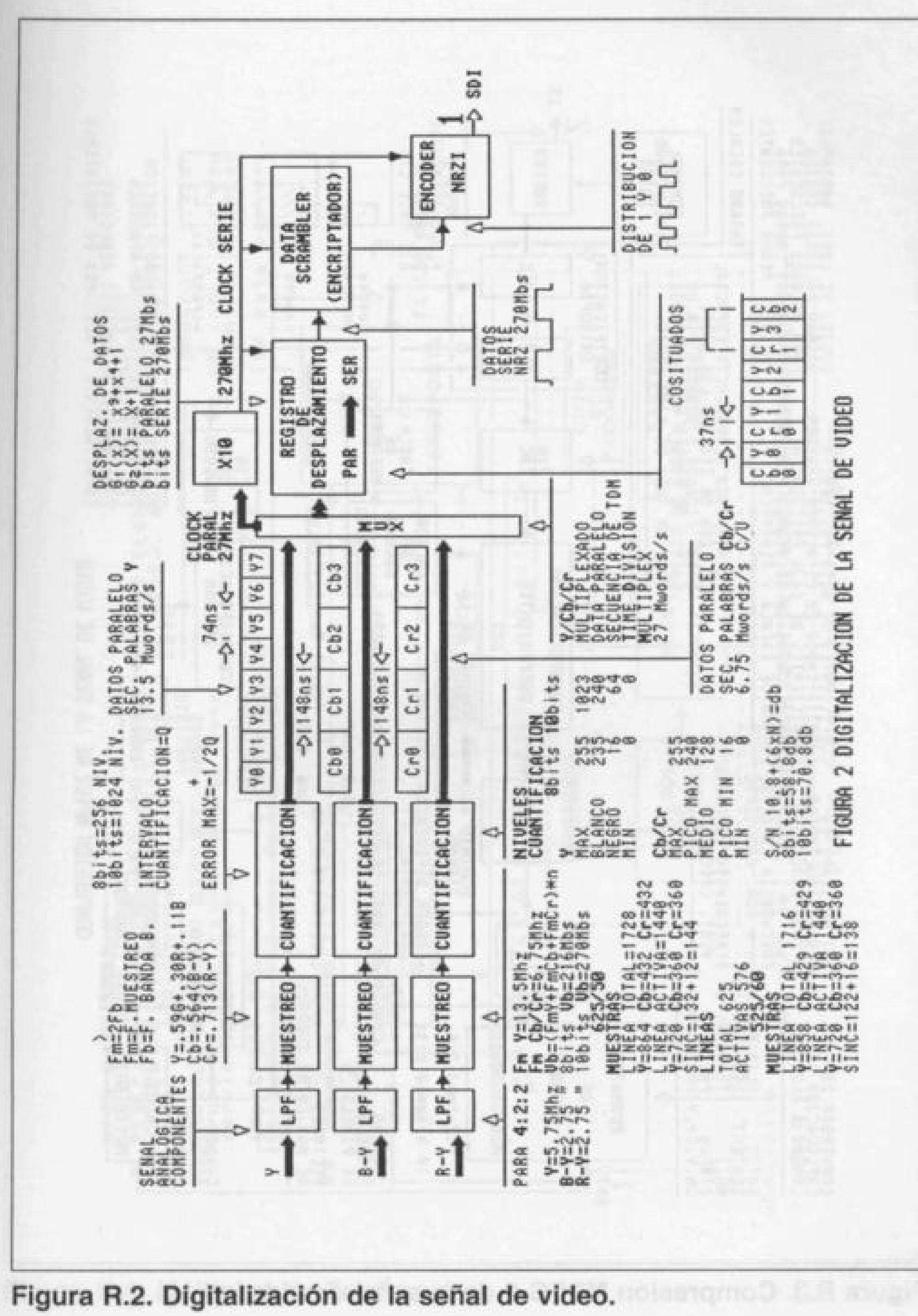


Figura R.2. Digitalización de la señal de video.

Resumen. Procesamiento de la Señal de Video Digital en Estudio y en Transmisión.

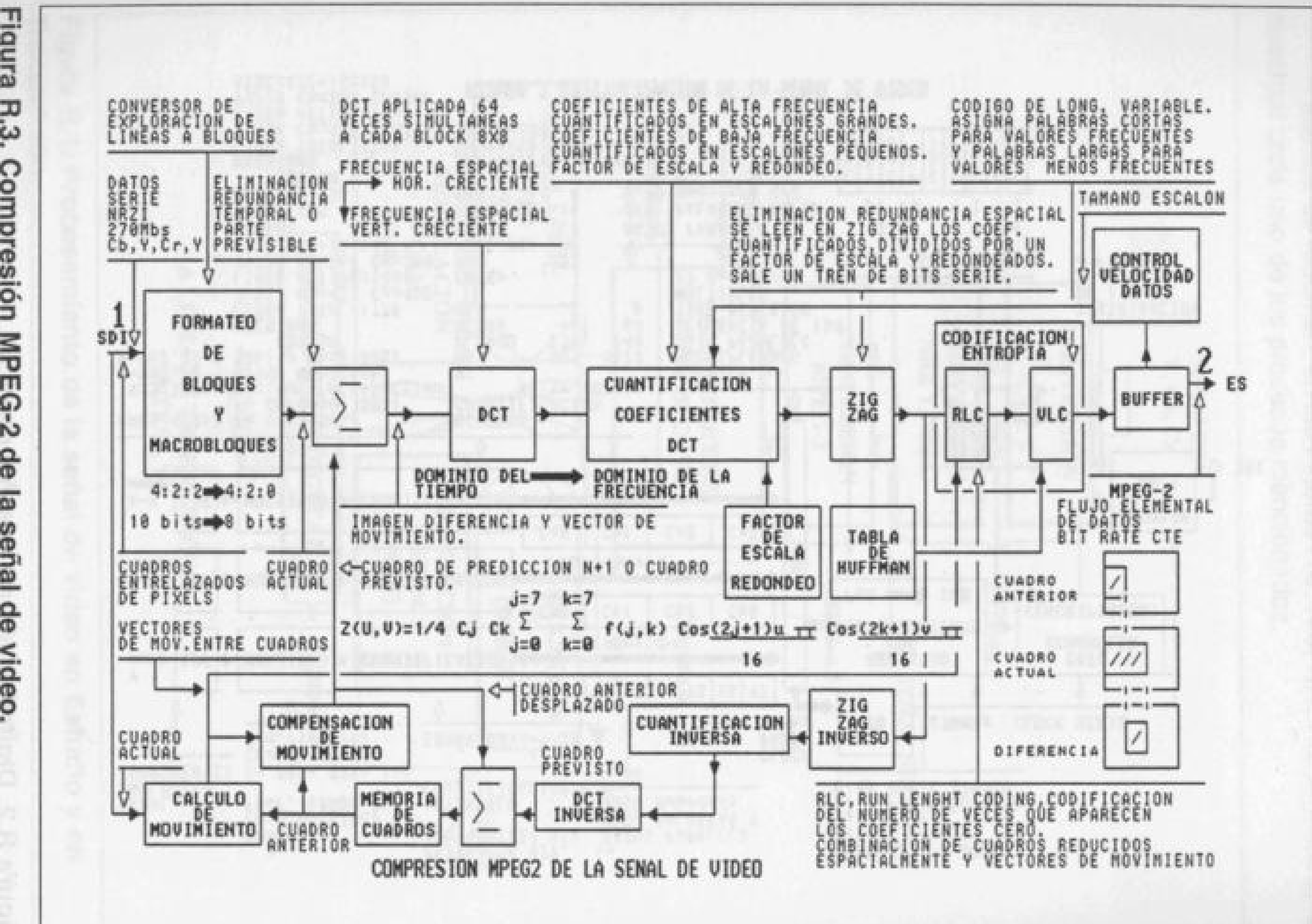


Figura R.3. Compresión MPEG-2 de la señal de video.

Resumen. Procesamiento de la Señal de Video Digital en Estudio y en Transmisión.

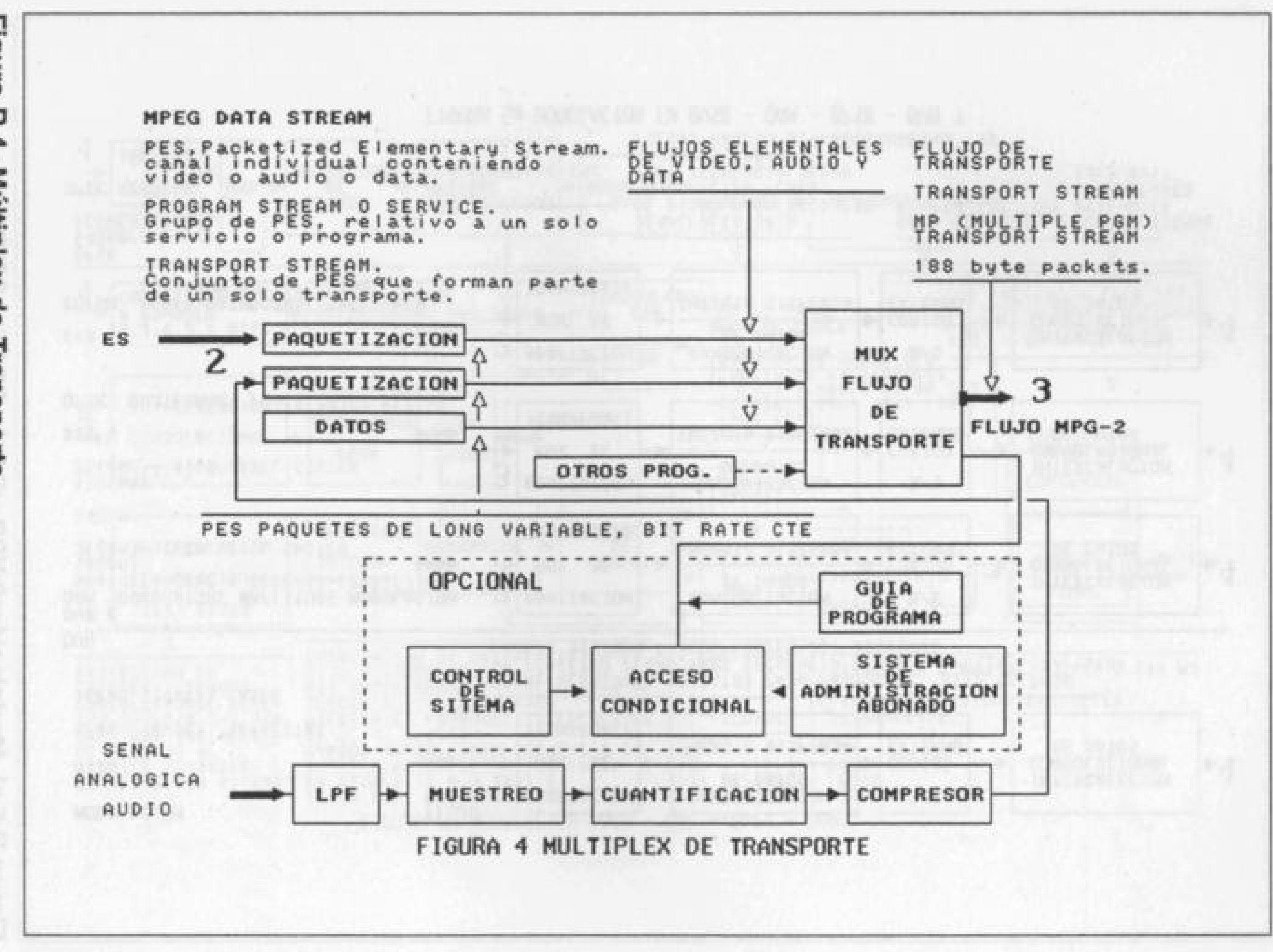


Figura R.4. Múltiplex de Transporte.

Resumen. Procesamiento de la Señal de Video Digital en Estudio y en Transmisión.

MODULACION

ATSC

8PAM (8VSB) TERRESTRE

16PAM (16VSB) CABLE

FLUJO MPEG2

3 → ADAPTACION MUX DE TRANSPORTE → RANDOMIZACION DE DATOS / ENERGIA DISPERSA → R/S CODIGO EXTERNO → INTERCALACION CONVOLUCIONAL DE DATOS → 4

SEÑAL ALEATORIA DE DATOS PARA PRODUCIR UN ESPECTRO PLANO.PRBS SECUENCIA SEUDO RANDOM BINARIA PSEUDO-RANDOM-BIT-SEQUENCE

REED SOLOMON R/S(207,187,t=10)

DVB

DVB C

QAM QUADRATURE AMPLITUDE MODULACION

NO INNER-CODE Y FORWARD-CORRECTION

16QAM
32QAM — LOW LEVEL SYSTEM

64QAM

128QAM
256QAM — HIGH LEVEL SYSTEM

DVB S

QPSK QUATERNARY PHASE SHIFT KEYING

DVB T

COFDM CODED ORTHOGONAL FRECUENCY DIVISION MULTIPLEXING

QPSK
64QAM

BPSK TPS

3 → ADAPTACION MUX DE TRANSPORTE → RANDOMIZACION DE DATOS / ENERGIA DISPERSA → R/S CODIGO EXTERNO → INTERCALACION CONVOLUCIONAL DE DATOS → 4

3 → ADAPTACION MUX DE TRANSPORTE → RANDOMIZACION DE DATOS / ENERGIA DISPERSA → R/S CODIGO EXTERNO → INTERCALACION CONVOLUCIONAL DE DATOS → 4

3 → ADAPTACION MUX DE TRANSPORTE → RANDOMIZACION DE DATOS / ENERGIA DISPERSA → R/S CODIGO EXTERNO → INTERCALACION CONVOLUCIONAL DE DATOS → 4

MPEG2
188 byte packets.

SEÑAL ALEATORIA DE DATOS PARA PRODUCIR UN ESPECTRO PLANO. PRBS SECUENCIA SEUDO RANDOM BINARIA PSEUDO-RANDOM-BIT-SEQUENCE $1+X^{14}+X^{15}$

REED SOLOMON RS(204,188,T=8)

CONVOLUTIONAL BYTE-WISE INTERLEAVER I=12 M=17

FIGURA 5a MODULACION EN 8VSB - QAM - QPSK - DVB T



Figura R.5 a). Modulación 8 VSB - QAM - QPSK y COFDM.
Resumen. Procesamiento de la Señal de Video Digital en Estudio y en Transmisión.

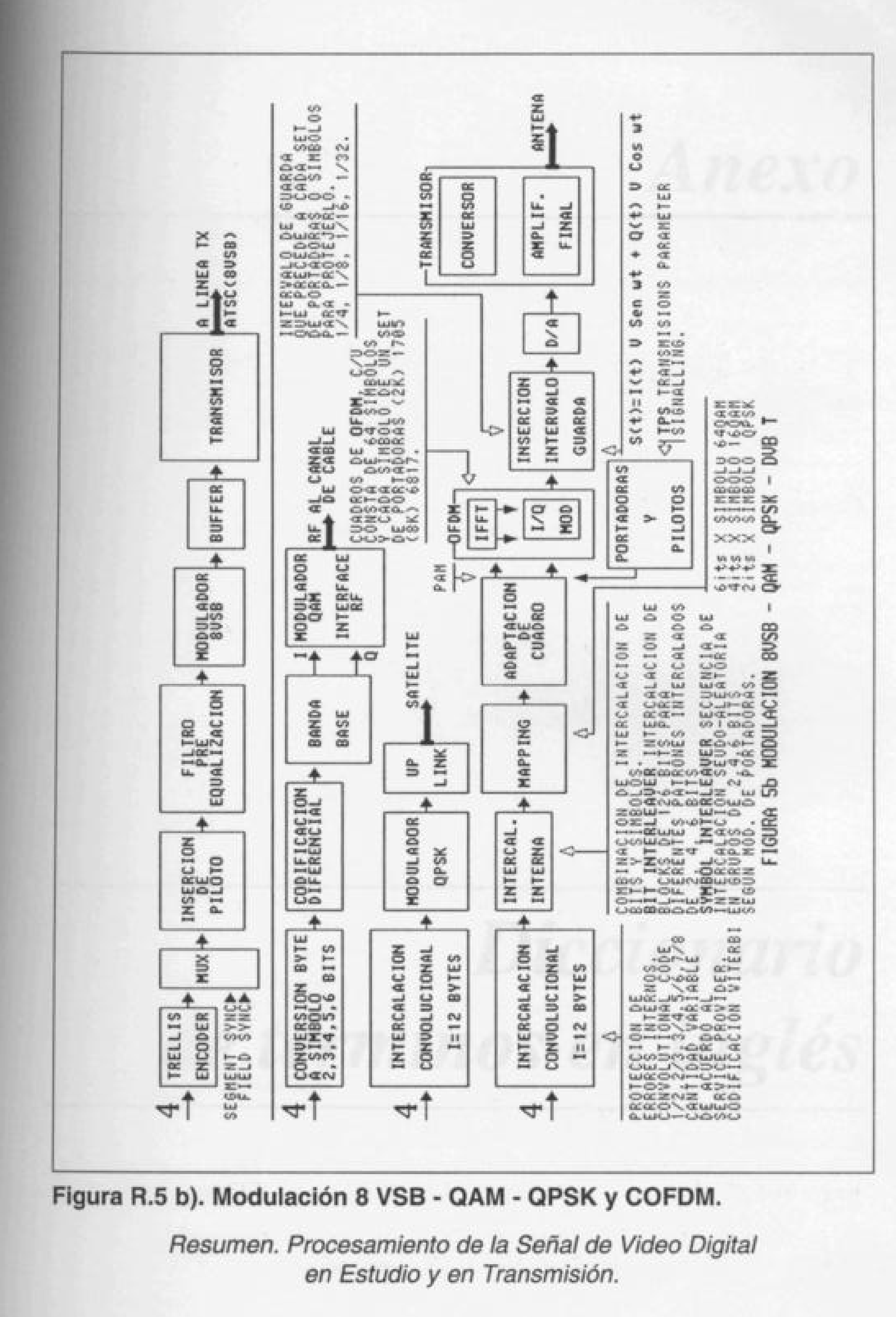


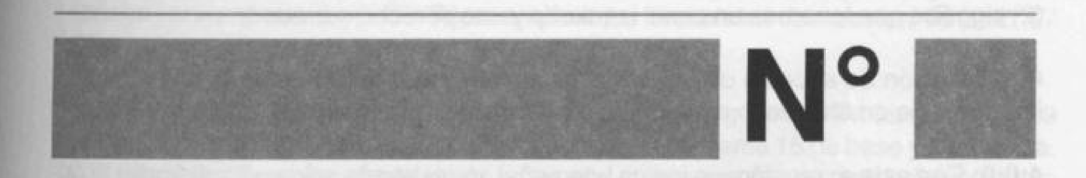
Figura R.5 b). Modulación 8 VSB - QAM - QPSK y COFDM.

Anexo

Diccionario de términos en inglés

Anexo

DICCIONARIO DE TERMINOS EN INGLES



1/0: Tipo de formato o presentación del audio digital de un canal. El (1) indica que esta presentación está formada por un canal mono solamente.

1:1: De esta forma se designa al barrido progresivo. En este caso, todas las líneas son barridas en forma consecutiva en un solo campo. *En el estándar 625/50, se barren 625* líneas por campo a razón de 50 campos por segundo. El barrido progresivo utiliza el doble de ancho de banda que el entrelazado.

1,33 a 1: Se refiere a la relación de aspecto de la imagen de 4:3. Esta relación, resulta de dividir la base 4 por la altura 3.

1,78 a 1: Se refiere a la relación de aspecto de la imagen de 16:9. Esta relación, resulta de dividir la base 16 por la altura 9.

2/0: Formato o presentación del audio digital de dos canales. En este caso, el (2) significa que tenemos un canal izquierdo y uno derecho (estéreo), o un sistema de canal dual.

2/1: Formato del audio digital de tres canales. En este caso, el (2) indica que tenemos un canal izquierdo y uno derecho (estéreo), mientras que el (1) implica un solo canal surraund.

2:1: Se refiere al barrido entrelazado. Significa que se barren dos campos por cuadro.

2/2: Formato del audio digital de cuatro canales. El primer (2) indica la presencia de un canal izquierdo y uno derecho (estéreo). El segundo (2) significa que tenemos un canal izquierdo y uno derecho surraund.

3/0: Formato del audio digital de tres canales. El (3) significa que esta presentación, está conformada por un canal izquierdo y uno derecho (estéreo), además de un canal central.

3/1: Este formato de audio digital emplea cuatro canales. El (3) indica que tenemos un canal izquierdo y uno derecho (estéreo), más un canal central. El (1) significa la presencia de un canal surraund.

3/2: Se refiere al formato de audio digital de cinco canales. El (3) indica que esta presentación tiene un canal izquierdo y uno derecho (estéreo), más un canal central. El (2) significa que tenemos un canal izquierdo y uno derecho surraund.

4:3: Relación de aspecto de la televisión convencional. Representa la relación de la imagén, que en este caso es 4 de base y 3 de altura. Ver también 1,33:1.

4:0:0: Con esta expresión, se indica una señal muestreada solo en luminancia. El (4) indica que esta estructura es muestreada en luminancia a 13,5 MHz. Los dos ceros significan que no hay muestreo de las señales diferencia de color. Por lo tanto esta es una señal de blanco y negro.

4:1:1: En esta estructura, cada cuatro muestras consecutivas de luminancia en una línea, se muestrea un pixel de Cr y uno de Cb.
La señal de luminancia es muestreada a 13,5 MHz y cada una de las señales diferencia de color, es muestreada a la cuarta parte de esa frecuencia, o sea a 3,37 MHz.

4:2:2: En esta estructura, cada cuatro muestras consecutivas de luminancia en una línea, se muestrean dos pixeles de Cr y dos de Cb. La señal de luminancia se muestrea a 13,5 MHz y cada una de las señales diferencia de color, es muestreada a la mitad de la frecuencia de luminancia o sea 6,75 MHz. Es la estructura de muestreo utilizada en Estudio. También, se la utiliza en señales que serán comprimidas en MPEG-2.

4:2:0: Es una de las estructuras de muestreo más utlizadas en señales a comprimir en MPEG-2.
Al digitalizar la señal, con una estructura de muestreo 4:2:0, en una línea (primer campo), el muestreo se efectúa como en la estructura 4:2:2 y en la línea siguiente (segundo campo), el muestreo se realiza como un 4:0:0, o sea solo luminancia.
En esta estructura, en un campo no se mustrean las señales diferencia de color.
La velocidad binaria en 4:2:0 es un 25% menos que en 4:2:2.

4:4:4: En esta estructura, cada cuatro muestras consecutivas de luminancia (Y), se muestrean cuatro pixeles de Cr y cuatro pixeles de Cb.
La frecuencia de muestreo de luminacia y de cada una de las señales diferencia de color es de 13,5 MHz.

4:4:4:4: Esta estructura es igual a la 4:4:4 anterior, pero se incluye el cuarto componente (4), que es la señal de key o recorte, también muestreada a 13,5 MHz.

8:8:8: Cuando se requiere muy alta calidad en el procesamiento de una señal, se emplea esta estructura de muestreo. El primer (8) indica la frecuencia de muestreo del canal de luminancia. Ya que el número (4) está estandarizado en 13,5 MHz, en este caso el (8), significa que se está empleando una frecuencia de muestreo de 27 MHz en luminancia. El segundo y tercer ocho significan que para cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr, se está utilizando la misma frecuencia de muestreo del canal de luminancia o sea 27 MHz. En síntesis, 8:8:8 significa que para digitalizar las señales por componentes (Y:Cb:Cr), se emplean las frecuencias de muestreo de 27:27:27 (MHz).

16:9: Relación de aspecto utilizada primero en HDTV y luego en SDTV. La relación 16:9 es similar a la utilizada en cine de pantalla ancha y representa 16 de base y 9 de altura. Con esta relación, el ángulo de visión horizontal supera los 20° en promedio, respecto a los 10º de la relación 4:3. Para una óptima visión, la distancia a la pantalla se reduce de 6H a 3H, siendo H la altura de la misma.

4 Fsc: Estructura de muestreo utilizada para digitalizar la señal de video compuesta, a cuatro veces la frecuencia de la subportadora de color. Para PAL, 4Fsc corresponde a una frecuencia de muestreo que es de: 4,43 MHz x 4 = 17,73 MHz y para NTSC, 4Fsc corresponde a una frecuencia de muestreo de 4 x 3,57 = 14,30 MHz.

2k: Se refiere al número de portadoras seleccionadas en la modulación COFDM, del estándar DVB-T. Este modo de operación corresponde a 1705 portadoras.

8k: Se refiere al número de portadoras seleccionadas en la modulación COFDM, del estándar DVB-T. Este modo de operación corresponde a 6817 portadoras.

32 KHz: Frecuencia de muestreo de audio utilizada en aplicaciones no profesionales. Ha sido adoptada por los estándares de compresión MPEG-1 y MPEG-2.

44,1 KHz: Frecuencia de muestreo de audio utilizada en aplicaciones profesionales. También ha sido adoptada por los estándares MPEG-1 y MPEG-2.

48 KHz: Frecuencia de muestreo de audio utilizada en aplicaciones broadcast. Al igual que las frecuencias anteriores, también fue adoptada por los estándares de compresión MPEG-1 y MPEG-2.

2,25 MHz: Mínima frecuencia que es múltiplo entero de las frecuencia de muestreo, para 625/50 y 525/60. La frecuencia de muestreo de luminancia, para ambos estándares, es de 13,5 MHz. Esta frecuencia es un número entero de 2,25 o sea; (6x2,25=13,5).

También, el número 2,25 es múltiplo entero de las frecuencias de muestreo utilizadas en HDTV. Para el estándar 1125/60, la frecuencia de muestreo de luminancia es de 74,25 MHz, que corresponde a 33 veces la frecuencia de 2,25 y en el estándar 1250/50, la frecuencia de muestreo de luminancia es de 72 MHz, siendo 32 veces la frecuencia de 2,25.

6 MHz: Ancho de banda del espectro de RF en las normas M y N.

7 MHz: Ancho de banda del espectro de RF en la norma B.

8 MHz: Ancho de banda del espectro de RF en las normas G, D, K, H, I, K1 y L.

13,5 MHz: Frecuencia de muestreo de la señal de luminancia empleada en la digitalización. Esta frecuencia es utilizada para 525/60 y 625/50.

27 MHz: Frecuencia de muestreo total en la estructura 4:2:2/10 bits. Esta frecuencia es la suma de:
13,5 MHz - Frecuencia de muestreo de la señal de luminancia (Y).
6,75 MHz - Frecuencia de muestreo de la señal diferencia al azul (Cb).
6,75 MHz - Frecuencia de muestreo de la señal diferencia al rojo (Cr).
También, 27 MHz es la frecuencia de muestreo de cada uno de las componentes (Y, Cb y Cr), en la estructura 8:8:8.

36 MHz: Frecuencia de muestreo total en la estructura 4:2:2/10 bits, para la relación de aspecto 16:9 de SDTV. Esta frecuencia es la suma de:
18 MHz - Frecuencia de muestreo de la señal de luminancia (Y).
9 MHz - Frecuencia de muestreo de la señal diferencia al azul (Cb).
9 MHz - Frecuencia de muestreo de la señal diferencia al rojo (Cr).

143 Mbps: Velocidad binaria que corresponde al flujo NTSC Digital Compuesto. Esta velocidad, resulta de digitalizar la señal de video compuesta NTSC, a cuatro veces la frecuencia de la subportadora de color. Este valor, multiplicado por 10 bits por muestra de resolución, nos da como resultado una velocidad binaria de 143 Mbps.

177 Mbps: Velocidad binaria que corresponde al flujo PAL Digital Compuesto. Esta velocidad, resulta de digitalizar la señal de video compuesta PAL, a cuatro veces la frecuencia de la subportadora de color. Este valor, multiplicado por 10 bits por muestra de resolución, nos da una velocidad binaria de 177 Mbps.

188 bytes: Se refiere a la capacidad del paquete MPEG-2, que está compuesto por 187 bytes de datos y 1 byte de sincronización.

204 bytes: Paquete de datos del estándar DVB-T. Contiene 188 bytes del paquete MPEG-2 más 16 bytes de corrección Reed-Solomon (RS).

208 bytes: Paquete de datos del estándar ATSC. Contiene 188 bytes del paquete MPEG-2 más 20 bytes de corrección RS.

216 Mbps: Señal digital serie cuantificada a 8 bits. Esta señal, ha sido digitalizada con una frecuencia de muestreo del canal de luminancia de 13,5 MHz y a 6,75 MHz cada una de las señales diferencia de color. La frecuencia de muestreo total es de 27 MHz. La velocidad binaria total es: 27 MHz x 8 bits = 216 Mbps

270 Mbps: Señal digital serie (SDI). Tiene las mismas características que la señal de 216 Mbps, pero ha sido cuantificada a 10 bits por muestra de resolución.

360 Mbps: Señal digital serie 4:2:2, para una relación de aspecto de 16:9. Emplea una frecuencia de muestreo de 18 MHz para el canal de luminancia y 9 MHz para cada una de las señales diferencia de color. La resolución de cuantificación es de 10 bits por muestra. La velocidad binaria es: (18 MHz + 9 MHz + 9 MHz).10 bits = 360 Mbps.

480i: Se refiere a una señal de SDTV con 480 líneas activas y barrido entrelazado.

480p: Se refiere a una señal SDTV con 480 líneas activas y barrido progresivo.

540 Mbps: Señal digital serie (SDI) que emplea barrido progresivo.

4:2:2 Profile: Pérfil 4:2:2. A este perfil, se lo denomina también profesional y es un perfil separado del estándar MPEG-2. Su aplicación es para Estudio y ha sido diseñado para proveer alta calidad de señal comparable con SDI. La codificación se efectúa en 4:2:2 y opera a una velocidad binaria de 50 Mbps.

525/60: Estándar de barrido de 525 líneas por cuadro. Cada cuadro está conformado por dos campos a efectos de producir el barrido entrelazado. En total se barren 30 cuadros por segundo.

601: Recomendación ITU-R.BT.601. Describe los parámetros para la digitalización de la señal de video por componentes analógicos. Utiliza la misma frecuencia de muestreo de luminancia (13,5 MHz), para los estándares 625/50 y 525/60.
Para 4:2:2, la frecuencia de muestreo de cada una de las señales diferencia de color es de 6,75 MHz.
Esta Recomendación, también describe los parámetros para la digitalización de las señales de SDTV en formato 16:9, con una frecuencia de muestreo del canal de luminancia de 18 MHz.

625/50: Estándar de barrido de 625 líneas por cuadro. Cada cuadro está conformado por dos campos para producir el barrido entrelazado. En total, se barren 25 cuadros por segundo.

656: Recomendación ITU.R BT.656. Especifica las interfaces para las señales de video por componentes digitales en 4:2:2, para 525/60 y 625/50, de la Recomendación 601. Las interfaces utilizadas son de bits serie y de bits paralelo.

1125/60: Sistema de HDTV utilizado en USA y otros países que tienen 60 Hz. Consta de 1125 líneas totales barridas en dos campos por cuadro (barrido entrelazado).

1152/50: Número de líneas activas barridas por cuadro, en un sistema de HDTV de 1250/50.

1250/50: Sistema de HDTV Europeo y otros países que poseen 50 Hz. Consta de 1250 líneas totales, barridas en dos campos por cuadro (barrido entrelazado).

13818-1: Norma ISO/IEC referida al estándar MPEG-2. Especifica la codificación a nivel de sistema. Esta norma prevee los protocolos de paquetización de datos. Se refiere al Multiplexado y el De-multiplexado de los flujos de datos.

13818-2: Norma ISO/IEC referida al estándar MPEG-2. Esta norma define las especificaciones para la Compresión y De-compresión de las señales de video.

13818-3: Norma ISO/IEC referida al estándar MPEG-2. Esta norma define las especificaciones para la Compresión y De-compresión de las señales de audio.

13818-9: Norma ISO/IEC referida al estándar MPEG-2. Especifica las interfaces en tiempo real para los Decodificadores.

8-bit: Resolución de cuantificación. Para digitalizar la señal, una vez muestreada, se la cuantifica a 8 bits por muestra. Una palabra de 8 bits proporciona 2E8 ó sea 256 niveles de cuantificación.

10-bits: En esta resolución de cuantificación, tenemos cuatro veces más niveles que en 8 bits o sea 2E10 = 1024 niveles de cuantificación. Esta resolución de cuantificación es utilizada en las señales SDI de 270 y 360 Mbps.

12-bit: En esta resolución de cuantificación tenemos cuatro veces más niveles de cuantificación que en 10 bits. Para 12 bits tenemos; 2E12 = 4096 niveles de cuantificación.

16-bits: Esta resolución de cuantificación es utilizada en audio. Para 16 bits tenemos; 2E16 = 65.536 niveles de cuantificación.

20-bit: Cuando se requiere más alta calidad de audio, a cada muestra se la cuantifica a 20 bits. En este caso tenemos; 2E20 = 1.048.576 niveles de cuantificación.

24-bits: En audio broadcast de alta calidad se está cuantificando a 24 bits por muestra. En este caso, 2E24 = 16.777.216 niveles de cuantificación.

32-bits: Cuando se requiere más alta calidad de audio se cuantifica a 32 bits por muestra de resolución. En este caso, 2E32 = 4294.967.296 niveles de cuantificación.

16-QAM: Tipo de modulación digital que tiene la siguiente característica; por cada cuatro bits datos de entrada, se produce un cambio de amplitud, fase o ambos a la salida.

64-QAM: Este tipo de modulación digital tiene la siguiente característica; por cada seis bits de datos entrada, se produce un cambio de amplitud, fase o ambos a la salida.

8-VSB: Sistema de modulación para Televisión Digital Terrestre, utilizada en el estándar ATSC de USA. Es un sistema de modulación de banda lateral vestigial, con 8 niveles discretos de amplitud.

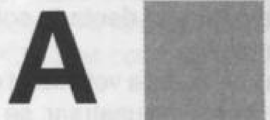
16-VSB: Sistema de modulación para Televisión Digital por Cable, adoptado en el estándar ATSC de USA. A diferencia del 8-VSB, éste tiene 16 niveles de discretos de amplitud.

1080i: Formato de video para HDTV. Se refiere al barrido entrelazado de 1080 líneas activas. Por cada línea activa se muestrean 1920 pixeles. La resolución vertical efectiva es de 756 líneas. Este formato corresponde al estándar SMPTE 274M. Existe un formato común para 50 y 60 Hz, que es el estándar SPMTE 292M.

720p: Formato de video para HDTV. Se refiere al barrido progresivo de 720 líneas activas. Por cada una de estas líneas se muestrean 1280 pixeles. La resolución vertical efectiva es de 648 líneas.

1080p: Formato de video para HDTV. Se refiere a un barrido progresivo, con la misma cantidad de muestras por línea activa y cantidad de líneas activas, que el formato 1080i. La resolución vertical efectiva es de 972 líneas. El estándar SMPTE RP-211, desarrolla las distintas alternativas para 1080p/30 Hz, 1080p/29,97 Hz, 1080p/25 Hz, 1080p/24 Hz y 1080p/23,97 Hz.

8281: Cable coaxial fabricado por Belden y utilizado en video digital. Este tipo de cable, permite transportar una señal SDI de 270 Mbps a una distancia máxima de 305 mts.



AC: (Auxiliary Channel). Canal auxiliar. Se refiere al envío de información auxiliar en la transmisión COFDM del estándar ISDB -T.

AC-3: Estándar de compresión de audio digital desarrollado por Dolby Laboratories de EE.UU. Se pueden comprimir hasta seis canales de audio digitales. Estos se componen de un canal central, uno izquierdo y derecho (estéreo), uno izquierdo y derecho (surraund) y un canal de baja frecuencia de 20 a 120 Hz.

A/D: Conversor Analógico a Digital.

ADC: (Analogue Digital Converter). Conversor Analógico a Digital. También conocido como conversor A/D. Este dispositivo efectúa el proceso de digitalización. El mismo, se realiza en dos pasos; muestreo y cuantificación. En video, a las muestras se las cuantifica con una resolución de 8, 10 ó 12 bits, mientras que en audio, las muestras son cuantificadas a 16, 20 ó 24 bits..

AES 3: Recomendaciones prácticas que tratan sobre la ingeniería del audio digital. Estas recomendaciones contienen las especificaciones sobre los formatos de transmisión serie.

AES/EBU: (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union). Sociedad de Ingeniería de Audio/Unión Europea de Broadcasting. Siglas de las dos asociaciones que desarrollaron un estándar de audio digital. Para la digitalización se utilizan tres frecuencias de muestreo que son; 32 - 44,1 y 48 KHz, siendo estas última la más utilizada en aplicaciones de audio Broadcast. La norma AES/EBU es un estándar de audio internacional.

AF: (Adaptation Field). Adaptación de Campo. Es el campo de datos que se despliega en el último paquete de transporte MPEG-2. Todos los paquetes deben tener 188 bytes de capacidad. Si el último paquete no está completo, los bytes que le faltan para llegar a ese número, se completan con bytes de relleno. El Decodificador, cuando recibe el último paquete, identifica y desecha esos bytes de relleno.

AFV: (Audio Follow Video). Audio que sigue al video. Conmutación conjunta de audio y video de un programa. Un ejemplo típico es un Switcher de Ruta, donde se conmuta video y audio simultáneamente o en forma separada.

Aliasing: Es una forma de distorsión indeseada de la señal de video. Esta se manifiesta como un dentado sobre los bordes de la imagen. El aliasing se produce por dos motivos;

a) Cuando la velocidad de muestreo es baja. En ese caso, la banda lateral superior de la señal a muestrear, se mezcla con la banda lateral inferior del espectro de muestreo.

b) Cuando el filtrado a la entrada del Conversor A/D es pobre o insuficiente.

Algorithm: Algoritmo. Un proceso pre establecido utilizado para resolver un problema, en un número finito de pasos.

Anamorphic: Anamórfico. Proceso por el cual, se convierte una imagen de relación de aspecto de 16:9 a 4:3. Esta conversión se efectúa por compresión de la imagen en sentido horizontal. Este tipo de conversión no se utiliza, debido a la deformación que produce en la imagen.

ANC: (Automatic Noise Canceller). Cancelación Automática de Ruido.

ANSI: (American National Standars Institute). Instituto de Estándares Nacional Americano.

Antialiasing: Proceso de filtrado antes del Conversor Analógico Digital (A/D). Este filtro es un Pasa Bajo y limita en banda a la señal a digitalizar.

ADPCM: (Adaptive Differential Pulse Code Modulation). Modulación por Código de Pulsos Diferencial Adaptivo. Es una técnica de codificación que correlaciona muestras sucesivas de datos, para adaptarlas a los cambios de la señal.

APL: (Average Picture Level). Nivel de Imagen Promedio. Se refiere al nivel promedio de la señal de luminancia.

ARC: (Aspect Ratio Converter). Conversor de Relación de Aspecto.

Artifact: Artefactos. Elementos no deseados que aparecen sobre una imagen de video o señal de audio, después de la compresión MPEG-2. Los artefactos son causados en la compresión por distintas razones, siendo una de ellas la excesiva relación de compresión utilizada.

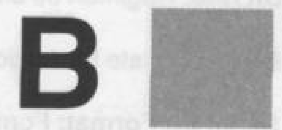
Aspect Ratio Converter: Conversor de Relación de Aspecto. Dispositivo que efectúa la conversión de relación de aspecto de 4:3 a 16:9 ó viceversa.

ATM: (Asynchronous Transfer Mode). Modo de Transferencia Asincrónico. Es un sistema de comunicación conmutado de alta velocidad. La característica de este sistema es que opera sobre redes LAN y de banda ancha.

En ATM, los datos son transportados a una velocidad máxima de 155 Mbps. El flujo ATM consiste en paquetes de longitud fija llamados celdas. Cada celda tiene una capacidad total de 53 bytes, de los cuales 48 bytes corresponden a la carga útil de datos y 5 bytes a la cabecera. El estándar de compresión MPEG-2 es compatible con las celdas ATM.

ATSC: (Advanced Television Systems Committee). Comité de Sistemas de Televisión Avanzada. Esta organización se estableció en EE.UU. en 1992, para coordinar el desarrollo de un estándar de Televisión Digital, para transmitir señales digitales de SDTV y HDTV.

Audio Masking: Enmascaramiento de Audio. Es una caracterstíca del sistema auditivo humano. El fundamento es que una señal de audio no puede ser percibida en presencia de otra señal de mayor nivel. Esta segunda señal enmascara a la primera.



B –Y: Señal diferencia de color al azul. Una de las dos señales diferencia de color que componen la señal de croma en PAL.

BB: (Black Burst). Señal que está compuesta por sincronismo y burst.

B Frame: Cuadros B. En MPEG-2, estos son cuadros de intercalación y bidireccionales. Utilizan predicción de movimiento hacia adelante y hacia atrás. Los cuadros B, toman información del cuadro anterior y del cuadro posterior, que están presentes en el Grupo de Imágenes (GOP).

BER: (Bit Error Rate). Relación de Error de Bit.

Beta: Nombre con que Sony denominó a su videograbadora profesional Betacam.

Betacam: Máquina videograbadora desarrollada por Sony. Su formato de grabación es por componentes analógicos y utiliza un cassette de ¾".

Betacam SP: Betacam Superior Performance. Formato de grabación desarrollado por Sony. La señal es grabada sobre un cassette, cuya particularidad es que la cinta tiene partículas de metal.

Betacam SX: Formato de grabación por componentes digitales desarrollado por Sony. Utiliza un tipo de compresión similar a MPEG-2, pero con una compresión moderada de aproximadamente 2,3:1 y una estructura de GOP fija. La interfaz de entrada y salida es SDI (270 Mbps - 4:2:2/10 bit).
Posee cuatro canales de audio digitales sin compresión muestreados a 48 KHz, con una resolución de 20 bits por muestra. Es compatible con el Betacam SP en reproducción solamente.

Bit: Una unidad de información. Un bit define dos estados, 1 ó 0. Ocho bits definen 256 niveles de cuantificación numerados de 0 a 255.

Bit Parallel Format: Señal de Bits Paralelo. Esta señal es transportada por un cable multipar. Cada par de éste transporta un bit. El estándar de bits paralelo corresponde al ITU-R BT.656 y al SMPTE 125M.

Bit rate: Régimen de bits. Expresa la velocidad binaria de un tren de datos.

BRR: (Bit Rate Reduction). Reducción del régimen de bits.

Serial Bit Format: Formato de bits serie. Se refiere a la señal SDI y corresponde a la Recomendación ITU-R BT.656.

Bitstream: Flujo de bits. Tren de datos binario de video y/o audio.

Block: Bloque: Un bloque está formado por una matriz de 8x8 pixeles. Este bloque puede ser de luminancia (Y), señal diferencia al azul (Cb) ó señal diferencia al rojo (Cr). En total en un bloque tenemos 64 pixeles.

BNC: (Bayonet Neill Concelman). Conector utilizado en video que lleva el nombre de su inventor. Este conector es utilizado para video analógico y digital SDI. La impedancia del conector utilizado para estas aplicaciones es de 75 Ohms.

Bounce: Señal de test de muy baja respuesta en frecuencia utilizada para prueba de equipos y sistemas de video analógicos. Es una señal que tiene cambios abruptos de nivel por un período de tiempo determinado.

Bps: Bits por segundo.

Broadcast: Depende como el término sea empleado. Cuando se refiere a equipos de calidad broadcast, se está tomando una referencia de imagen o de señal de alta calidad. Cuando se trata de Televisión Broadcast se refiere a la Televisión Aérea.

BSS: (Broadcast Satellite Service). Servicio de Satélite Broadcast.

Buffer: Dispositivo electrónico que tiene ganancia unitaria.

BW: (Band Wide). Ancho de Banda: En un espectro de una señal, el ancho de banda está comprendido entre la frecuencia de corte superior y la frecuencia de corte inferior. Normalmente, las frecuencias de corte se toman donde la señal cae a –3 dB.

Byte: Es un grupo de bits que se procesan juntos. Un byte representa la capacidad de una palabra en bits. Esta puede tener 8, 10 ó 12 bits. En Televisión Digital, un byte tiene 8 bits de capacidad.



CA: (Conditional Access). Acceso Condicional. Sistema de control de acceso a los suscriptores, para distintos tipos de servicios de programas y eventos.

Cannon: Conector utilizado para conexiones de audio balanceado. También llamado conector D.

CAT: (Conditional Access Table). Tabla de Acceso Condicional.

CAV: (Component Analogue Video). Video Analógico por Componentes.

Cb: Representa una muestra de la señal diferencia al azul.

CCIR: (International Radio Consultative Committee). Comité Consultivo Internacional de Radio. Organización que ha dictado recomendaciones y especificaciones para la radiodifusión a nivel internacional. En el año 1993, *el CCIR pasó a ser parte del ITU* (International Telecommunication Union).

CCIR 601: Ver 601.

CCIR 656: Ver 656.

CCVS: (Composite Color Video Signal). Señal de Video Compuesta de Color. Esta señal tiene una amplitud normalizada de 1 Vpp, desde el tip de sincronismo hasta el máximo pico de blanco. Para 625/50, el nivel de sincronismo es de 0,3 Vpp y el nivel de la señal de luminancia es de 0,7 Vpp.

CCVS to RGB Analogue Decoder: Decoder Analógico de Video Compuesto (CCVS a RGB). Dispositivo que convierte una señal de video compuesta a una señal RGB.

CCVS to YUV Analogue Decoder: Decoder Analógico de Video Compuesto (CCVS a YUV. Dispositivo que convierte una señal de video compuesta a una señal YUV.

Channel: Canal: Porción de banda del espectro para servicio de Broadcasting. En la norma M y N, el ancho de banda del canal es de 6 MHz. En las normas B y G, el ancho *de banda* es de 7 y 8 MHz respectivamente.

Chrominance: Croma. Parte de la señal de video compuesta que representa al color. Está definida por dos parámetros; matiz y saturación. El matiz representa la fase o tono del color y la saturación es la mayor o menor dilución de luz blanca de ese color.

CIF: (Common Interchange Format). Formato de Intercambio Común. Este formato es de baja resolución y es utilizado para videoconferencias. Tiene una resolución de 352 x 240 pixeles a 30 cuadros por segundo.

Clock: Reloj. Señal de sincronización utilizada en el tren de datos de la señal digital. En la señal de bits serie (SDI), el clock es transportado con el tren de datos. En la señal de bits paralelo, el clock se transporta por separado del tren de datos.

C/N: (Carrier to Noise). Relación Portadora a Ruído. Esta relación es expresada en dB y define la calidad de una señal de video recibida por aire o por cable. Una señal medida en bornes de abonado de un sistema analógico de cable, cuya relación C/N es de 48 dB, es considerada una señal de buena calidad.

Codec: Denominación que recibe el conjunto de Codificador y Decodificador.

Coherent Modulation: Modulación coherente. Denominación que recibe el segmento de datos en el estándar ISDB -T, cuando se emplea la modulación QPSK, 16-QAM o 64-QAM.

Color burst: Burst de color. Señal que es agregada sobre el pórtico posterior de la señal de video compuesta de color. El burst es utilizado como referencia de frecuencia y fase para la señal de croma.

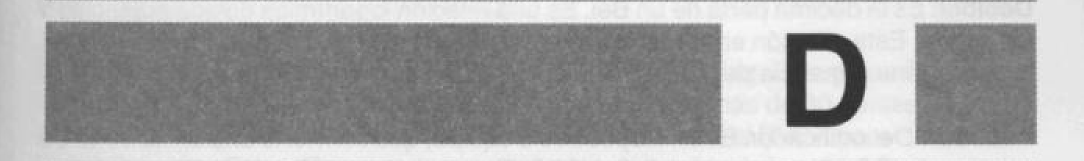
Composite video: Video compuesto. La señal de video está formada por dos señales. La señal de luminancia, que representa el brillo de la imagen y la señal de croma, que representa el matiz y la saturación del color.

Compression: Compresión. Método por el cual se reduce la velocidad binaria de un flujo de datos. En los sistemas digitales, se trata de analizar las imágenes y ubicar la redundancia (repetición de las imágenes o parte de estas), a fin de reducir estos datos innecesarios.

Compresión rate: Relación de compresión: Es el cociente entre la velocidad binaria de un tren de datos a la entrada del Compresor y la velocidad final a la salida del mismo. Supongamos que el tren de datos tiene una velocidad binaria de 270 Mbps y luego del proceso de compresión, la velocidad final del tren de datos es de 10 Mbps. En este caso, la relación de compresión es: 270/10 = 27 o sea 27:1.

Cr: Representa una muestra diferencia al rojo.

CRC: (Cyclic Redundancy Check). Verificación cíclica de redundancia. Técnica de verificación de errores de bits en un bloque de datos. Este método de verificación, detecta los errores pero no los corrige.



D1: Formato de grabación por Componentes Digitales de acuerdo a la Recomendación ITU-R BT 601-2. Este formato fue desarrollado por Sony y utilizaba una cinta de 19 mm en un cassette de 94 minutos de duración.

D2: Formato de grabación Digital Compuesto. Este formato se rige por el estándar SMPTE 244M. Al igual que el D1, utilizaba una cinta de 19 mm, pero el tiempo de grabación era de 208 minutos.

D3: Formato de grabación de Video Digital Compuesto, conforme al estándar SMPTE 244M. Este formato utilizaba una cinta de ½".

D5: Formato de grabación Digital por Componentes, de acuerdo a la Recomendación ITU-R BT.601-2.

D6: Videograbadora de HDTV que utiliza una cinta de 19 mm.

D5H: Formato igual al D5, pero con una velocidad binaria de 360 Mbps.

D/A: Conversor Digital a Analógico.

DAC: (Digital Analogue Converter). Conversor Digital a Analógico.

Data segment: Segmento de datos. En el estándar ISDB-T, es la información de un grupo de datos que corresponde a un segmento COFDM. En cada uno de estos segmentos se puede seleccionar en forma independiente, el tipo de modulación de la portadora, la relación de codificación interna y el tiempo de intercalación.

dBm: Unidad de nivel de audio. 0 dBm equivale a 0,775 V RMS para una carga de 600 Ohms.

dBu: Unidad de nivel de audio. 0 dBu equivale a 0,775 V RMS.

DC: Se refiere al primer coeficiente del bloque de 8x8 coeficientes, después de aplicar la Transformada del Coseno Discreto. Este coeficiente se obtiene por diferencia con el coeficiente correspondiente al bloque anterior. El coeficiente DC representa el brillo promedio de todo el bloque de 8x8 coeficientes.

Decibel: Es la décima parte de un Bel. Es una relación logarítmica de dos potencias o tensiones. Esta relación en dB puede expresar ganancias o pérdidas. En términos de potencia, una ganancia de 3 dB implica duplicar la potencia.

Decoder: Decodificador. Es un dispositivo u equipo, que convierte una señal de video compuesta (CCVS) a una señal digital (SDI). En televisión analógica, un Decoder es un dispositivo que convierte una señal de video compuesta (CCVS) a una señal por componentes (RGB). En Televisión Digital, también se denomina Decoder al Setop-box. Este efectúa la Demodulación, Decompresión y Desencriptación del flujo de datos que recibe.

DCT: (Discrete Cosine Transform). Transformada del Coseno Discreto. Proceso utilizado en la compresión MPEG-2, por el cual los pixeles son tomados en bloques de 8x8 y transformados en coeficientes. A cada valor de pixel se le aplica una transformada de Fourier, pasando de esta forma del dominio del tiempo al de la frecuencia.

De-serializer: De-serializador. Dispositivo que convierte una señal Digital Serie a una señal Digital Paralelo.

DIBEG: (Digital Broadcasting Experts Group). Grupo de Expertos en Broadcasting Digital. Esta organización fue fundada en Septiembre de 1997 en Japón. El objetivo ha sido desarrollar y promover un estándar de Televisión Digital Terrestre. El estándar ISDB-T (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting), ha sido desarrollado por el grupo DIBEG.

Differential coding: Codificación diferencial. Es un método de codificación de la fuente, el cual utiliza la diferencia entre el valor de una muestra y un valor pronosticado previamente.

Dolby AC-3: Estándar de compresión de audio desarrollado por los laboratorios Dolby de EE.UU. Este sistema está preparado para comprimir seis canales de audio digitales. Ver AC-3.

Down Converter: Conversor Descendente. Dispositivo que convierte una señal de HDTV de 1080i ó 720p de 1,48 Gbps a una señal SDI de 270 Mbps.

DSM: (Digital Storage Media). Medio de Almacenamiento Digital.

DTT: (Digital Terrestrial Televisión). Televisión Digital Terrestre. Se denomina de esta forma a la transmisión aérea de la señal digital.

DTTB: (Digital Terrestrial Televisión Broadcasting). Televisión Digital Terrestre Broadcasting.

DTV: (Digital Television). Televisión Digital.

DVB: (Digital Video Broadcasting). Video Digital Broadcasting. Este grupo fue creado en 1993 y está conformado por más de 300 miembros de más de 30 países. El grupo DVB ha desarrollado diversos estándares, entre los cuales está el DVB-T para la Televisión Digital Terrestre. Este utiliza como compresión y multiplexado de las señales al estándar MPEG-2. La modulación que emplea el DVB-T es COFDM y la compresión de audio es MPEG-2.

DVB-ATM: (DVB - Asynchronous Transfer Mode). Se refiere a la guía para el manejo de señales ATM en sistemas DVB. Reporte técnico TR 100 815. ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Febrero 1999.

DVB-C: Estándar DVB para Sistemas de Cable. La norma EN 300 429 del ETSI (versión 1.2.1 de 1998), define la Estructura de Cuadro, Codificación del Canal y Sistema de Modulación para Sistemas de Cable.

DVB-CI. Especificaciones para interfaces comunes de Acceso Condicional y otras aplicaciones de Decodificadores broadcasting de video digital. Norma Europea EN 50221. CENELEC (Comité Européen de Normalization Electrotechnique). Febrero 1997.

DVB-S: Estándar DVB para Sistemas Digitales de Satélite en banda Ku. La norma EN 300 421 del ETSI, versión 1.1.2 de 1997, define la Estructura de Cuadro, Codificación del Canal y Sistema de Modulación, para Sistemas de Satélite en 11/12 GHz.

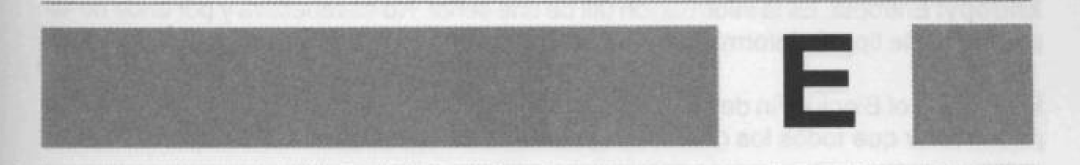
DVB-T: Estándar DVB para Sistemas de Televisión Digital Terrestre. La norma EN 300 744 del ETSI, versión 1.1.2 de 1997, define la Estructura de Cuadro, Codificación del Canal y Sistema de Modulación, para Sistemas de Televisión Terrestre.

DVB-IRD: Estándar DVB que trata las especificaciones de las interfaces de los Receptores/Decoders satelitales (IRD).

DVCAM: Formato de grabación de video desarrollado por Sony en dos versiones, profesional y para consumo masivo.

DVD: (Digital Video Disk). Disco de Video Digital. Es igual en tamaño a un CD Rom de datos o a un CD de audio. El DVD es muy utilizado para grabar películas. El estándar de compresión utilizado para video y audio es MPEG-2.

DVE: (Digital Video Effect). Efectos de Video Digital. Generalmente, se refiere a un dispositivo que genera efectos de video digitales.



EAV: (End Active Video). Fin del Video Activo. Código de palabra utilizado para indicar el final de la línea activa digital.

EBU: (European Broadcasting Union). Unión Europea de Broadcasting. Es una asociación profesional con sede en Ginebra, que coordina las actividades legales y técnicas de Broadcasting de todos los países de Europa.

Edge cropped: Se refiere al corte de la imagen en los bordes. Ver vertical crop.

EDH: (Error Detection and Handling). Sistema para reconocer los errores en la señal de video digital (SDI). Este método ha sido desarrollado por el SMPTE y corresponde al documento RP-165.

EDTV: (Enhanced Definition Television). Televisión de Definición Realzada. En el estándar ATSC, se refiere al formato de barrido del display que es de 480 líneas de barrido entrelazado o progresivo. La relación de aspecto no está especificada.

EIT: (Event Information Table). Tabla de Información de Evento. Se refiere a la parte de DVB-SI.

Embedded: Embebido o incorporado. Se refiere al audio que se transporta junto al tren de datos SDI. Generalmente, con este tren se transportan hasta cuatro canales de audio digitales.

EMM: (Entitlement Management Message). Información del Acceso Condicional que especifica niveles de autorización a distintos servicios, para Decodificadores específicos. Esta información tiene asignado un paquete especial en el Tren de Transporte MPEG-2.

Encoder: Codificador. Dispositivo que convierte una señal SDI a una señal de video compuesta. También, se denomina Encoder al conjunto compuesto por el Compresor de video y/o audio y el Múltiplex.

Encription: Encriptar: Proceso por el cual se codifica una señal, a efectos de que solo la puedan recibir los abonados autorizados. La encriptación se emplea en sistemas digitales de Satélite, Cable y Televisión Terrestre.

Entropy: Entropía. Es la información útil de una señal. No es repetitiva y por ende no se predice. Este tipo de información no se comprime.

EOB: (End of Block). Fin de bloque. Sentencia utilizada en el barrido en Zig Zag. Sirve para indicar que todos los coeficientes de la matriz que siguen a esta sentencia, son ceros.

EPG: (Electronic Program Guide). Guía Electrónica de Programas. Una guía electrónica que recibe y consulta el abonado en su pantalla.

ES: (Elementary Stream). Flujo elemental: Término genérico utilizado para identificar los flujos de datos comprimidos de video, audio o datos.

ETSI: (European Telecommunications Standards Institute). Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones.

ETSI 300 421: Ver DVB-S.

ETSI 300 429: Ver DVB-C.

ETSI EN 300 744: Ver DVB-T.

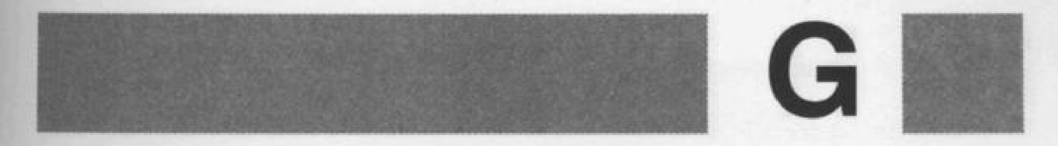


FFT: (Fast Fourier Transform). Transformada Rápida de Fourier. Es una forma de transformar una señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. La FFT es utilizada en el sistema de compresión de audio MPEG-2.

Fourier analysis: Análisis de Fourier. Algoritmo matemático que permite ubicar el espectro de una señal en el dominio de la frecuencia.

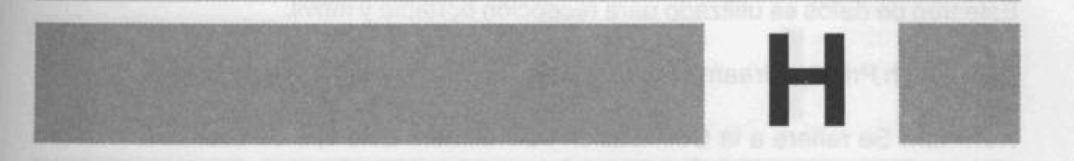
Fps: (Frames per second). Cuadros por segundo.

Frame: Cuadro. En el estándar de compresión MPEG-2, existen tres tipos de cuadros o imágenes que son; I, B y P. Los cuadros (I) son los actuales o reales. Los cuadros (P) son los de predicción, que para su formación toman información del cuadro anterior, en este caso el (I). Por último, tenemos los cuadros (B) que actúan como cuadros de intercalación. Estos para su formación, toman información del cuadro anterior, en este caso el (I) y del posterior o de predicción (P). La secuencia de cuadros o imágenes en MPEG-2 es: IBBPBBPBBPBB. A esta secuencia se la denomina GOP.



Gamut: Es el rango de tensiones permitidas de una señal de video o componentes. Cuando se dice que se excede el Gamut, significa que los valores en tensión de esa señal, están fuera de la norma y esto trae aparejado crosstalk u otros tipos de distorsiones.

GOP: (Group Of Pictures). Grupo de Imágenes. Un GOP es un conjunto de 12 o 15 imágenes y siempre arranca con una imagen (I). El GOP finaliza justo una imagen antes de la próxima imagen (I).



H14: (High 14). Nivel de MPEG-2 utilizado para HDTV. El nivel H14 con el perfil High de MPEG-2, prevee una velocidad binaria máxima del tren de datos de 80 Mbps, en la estructura 4:2:0 ó 4:2:2.

H263: Es un estándar de compresión utilizado para bajas resoluciones y bajas velocidades binarias.

HDTV: (High Definition Television). Televisión de Alta Definición. Sistema de televisión que tiene una alta calidad de imagen, con una resolución mayor que la televisión convencional. El número de líneas de barrido es de 1125 para USA y 1250 para Europa. Ambas utilizan la relación de aspecto de 16:9.

High Level. Nivel alto. Se refiere a uno de los cuatro niveles del estándar MPEG-2. Este nivel es utilizado para HDTV y corresponde a una resolución de 1920 x 1152, con una velocidad máxima del flujo de datos de 80 Mbps.

High 1440: Alto 1440. Este nivel de MPEG-2 es utilizado para HDTV y corresponde a una resolución de 1440 x 1152, con una velocidad máxima del flujo de datos de 60 Mbps.

Hierarchical Transmisssion: Transmisión Jerárquica. En el estándar DVB-T, la transmisión en modo Jerárquica, implica la transmisión de dos sub flujos en un solo Flujo de Transporte (TS). Uno de ellos es de baja prioridad y el otro es de alta prioridad, ambos combinados en un mismo flujo de datos.
El flujo de baja velocidad binaria es el de alta prioridad. Este es modulado en QPSK y es empleado para recepción portable y móvil en SDTV. El flujo de alta velocidad es modulado en 64-QAM y transporta un programa de HDTV. Este es el flujo de baja prioridad.
En el estándar ISDB-T, este tipo de transmisión, se refiere a la emisión de grupos de segmentos COFDM. Estos, tienen la particularidad de tener su modulación, relación de código interno y tiempo de intercalación, diferentes a otros grupos.

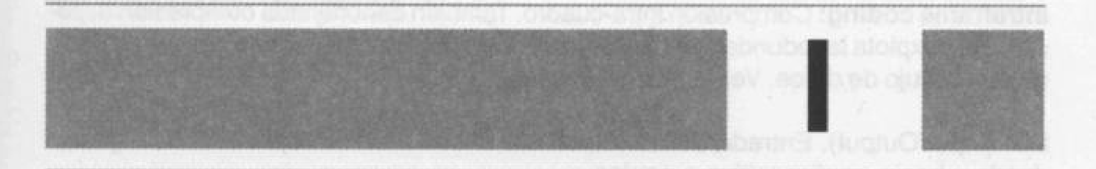
Horizontal crop: Corte horizontal. Pérdida de información que se produce en la parte inferior y superior de una imagen al ser convertida de 4:3 a 16:9.

HP: (High Priority). Alta prioridad. En el estándar DVB-T, cuando se utiliza modulación Jerárquica, el stream o flujo de alta prioridad es modulado en QPSK.

Este tren de datos es utilizado para recepción portable y móvil.

HPS: (High Priority Stream). Flujo de datos de Alta Prioridad. Ver también HP.

Huffman: Se refiere a la Codificación de Huffman. Este tipo de codificación asigna códigos cortos a los símbolos de mayor periodicidad y códigos largos a los símbolos de menor periodicidad o aparición. De esta forma, se reduce el número de bits de ese flujo de datos.



IDTC: (Inverse DCT). Transformada Inversa del Coseno Discreto. La inversa de la DCT transforma los coeficientes del dominio de la frecuencia a muestras en el dominio del tiempo.

IEC: (International Electrotechnical Commission). Comisión Internacional de Electrotecnia. Organización que se dedica al desarrollo de estándares, para un gran número de aplicaciones en la industria.

I Frame: Cuadro I: Un cuadro (I) en MPEG-2 se comprime en forma espacial. Este tipo de compresión reduce la redundancia dentro del mismo cuadro.
Esta técnica de compresión se denomina intra cuadro y no depende de otros cuadros para efectuar la compresión.

Interframe coding: Compresión intercuadros. Se la denomina también compresión temporal. En el estándar MPEG-2, este tipo de compresión aprovecha la redundancia temporal que ocurre entre las imágenes sucesivas. De esta manera, se comprime la imagen diferencia, que es la diferencia entre la imagen actual y la imagen previa.

Interlace scan: Barrido entrelazado. Exploración de la imagen a razón de dos campos por cuadro. En el estándar 625/50, se barren 625 líneas por cuadro o sea 312 ½ líneas por campo. La media línea al final de un campo y al comienzo del otro produce el entrelazado. En total se barren 25 cuadros por segundo.
En el estándar 525/60 se barren 525 líneas por cuadro a razón de 262 ½ líneas por campo.

Progressive scan: Barrido progresivo. Exploración en forma consecutiva de todas las líneas. En el estándar 625/50 se barren las 625 líneas en forma contínua en un solo campo o de una sola pasada. De la misma manera, en el estándar 525/60 se barren 525 líneas en un solo campo.

Interoperatibity: Interoperatibilidad. Es la característica que tiene un Múltiplex de Transporte para combinar otros flujos de otros sistemas.

Interpolation: Interpolación. Técnica para la reconstrucción de ciertas imágenes o partes de las mismas usando información espacial o temporal.

Intraframe coding: Compresión intra-cuadro. También denominada compresión espacial. Esta explota la redundancia que ocurre dentro del mismo cuadro o imagen, a fin de reducir el flujo de datos. Ver también, I Frame.

I/O: (Input/Output). Entrada/Salida. Se refiere al envío de un flujo de datos digitales desde y hacia un dispositivo o equipo.

IRD: (Integrated Received Decoder). Decodificador y Receptor Digital Integrado. Un ejemplo típico de los IRD´s, son los Receptores/Decodificadores satelitales.

IRE: (Institute of Radio Engineers). Sigla del Instituto de Ingenieros de Radio en USA..

IRE: Esta sigla también se refiere a las unidades de medición introducidas por esta organización. Estas unidades son medidas relativas de la amplitud de una señal de video. En una señal NTSC, el cero IRE está en el nivel de blanking. En el tip de sincronismo le corresponde – 40 IRE y en el máximo pico de blanco 100 IRE. La señal está normalizada en 1 Vpp y tiene 140 unidades IRE de amplitud, desde el tip de sincronismo hasta el máximo pico de blanco. Desde el nivel de blanking hasta el máximo pico de blanco, la señal tiene 100 IRE o sea 714,285 mV. Esto es debido a que 1 IRE = 7,14285 mV.

ISDB-T: (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting). Servicios Integrados Terrestres para Broadcasting Digital. Estándar de Televisión Digital Terrestre desarrollado en Japón. La información es transmitida en forma segmentada. El canal es dividido en 13 segmentos de 429 KHz cada uno, para un espectro de 6 MHz de ancho de banda. Es así que cada uno de estos segmentos puede tener su propio tipo de modulación, relación de código y tiempo de intercalación.
Cada programa requiere una agrupación de segmentos. El ISDB-T utiliza la modulación COFDM con algunas variantes.

ISDN: (Integrated Services Digital Networks). Redes Digitales de Servicios Integrados.

ISO: (International Organization for Standarization). Organización Internacional para la Estandarización. Este grupo ha desarrollado normas para la estandarización de la colorimetría por ejemplo, en los tubos de rayos catódicos.

ISO/IEC: Combinación de dos organizaciones para desarrollar estándares. Esta unión está conformada por la International Organization for Standarization y la International Electrotechnical Commission.

ISO/IEC 13818-1: Ver 13818-1.

ISO/IEC 13818-2: Ver 13818-2.

ISO/IEC 13818-3: Ver 13818-3.

ISO/IEC 13818-9: Ver 13818-9.

ITU: (International Telecommunication Union). Unión Internacional de Telecomunicaciones. También denominado ITU-R. Esta entidad ha reemplazado al CCIR en el año 1993.

ITU-R.BT. 601: Ver 601.

ITU-R.BT. 656: Ver 656.

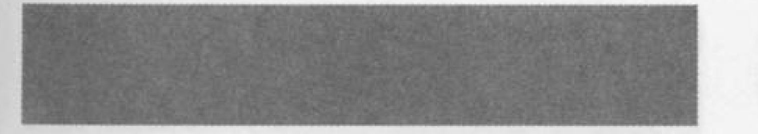
ITU-R.BT. 711: Esta Recomendación trata sobre las señales de sincronización y referencia de las señales de Estudio, para Componentes Digitales.

ITU-R.BT. 1212: Esta Recomendación trata sobre las mediciones y señales de test de las señales de televisión color, que son codificadas en forma digital.

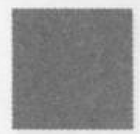


Jitter: Ruido que se manifiesta sobre la pendiente de la señal digital. En el tren digital SDI, el jitter máximo admitido es < a 5 ns pp (nano seg. pico a pico).

JPEG: (Joint Photographic Experts Group). Grupo Común de Expertos en Fotografía. El JPEG es el estándar de compresión para imágenes fijas, desarrollado por el grupo ISO. Para la compresión de imágenes estáticas se aplica la compresión espacial.

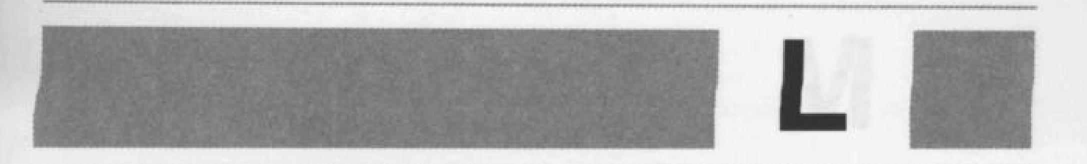


K



Kbps: Kilo bits por segundo.

Key signal: Señal de Key. Consiste en superponer una imagen de video sobre otra imagen. La inserción de caracteres o texto sobre una imagen, es realizada mediante una señal de key.



Letter box: Barras negras dispuestas en la parte inferior y superior de una imagen, como consecuencia de haber convertido su relación de aspecto de 16:9 a 4:3.

Level: Nivel. En MPEG-2 los niveles definen los límites de resolución de la imagen, la cantidad de muestras totales de luminancia y la velocidad máxima del flujo de datos.

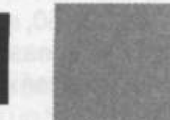
LFE: (Low Frecuency Effects). Efectos de Baja Frecuencia. Se refiere al canal subwoofer o canal de baja frecuencia que posee el sistema digital de audio Dolby. Este canal tiene un rango de frecuencias de 20 a 120 Hz.

LL: (Low Level). Nivel bajo. Este nivel del estándar MPEG-2, se refiere a la codificación de 352 muestras activas por línea por 288 líneas activas.

LPF: (Low Pass Filter). Filtro Pasa Bajo. Filtro que deja pasar las frecuencias bajas o por debajo del límite para la cual ha sido diseñado. Este filtro es utilizado como anti aliasing antes del Conversor A/D.

LP: (Low Priority). Baja prioridad. En el estándar DVB-T, cuando se utiliza modulación Jerárquica, el flujo de baja prioridad es modulado en 64 QAM. Este flujo, puede ser un programa de HDTV o varios programas de SDTV y es utilizado para recepción fija.

LPS: (Low Priority Stream). Flujo de Baja Prioridad. Ver también LP.

M

Macroblock: Macrobloque. En el proceso de compresión MPEG-2, un macrobloque en la estructura 4:2:0, está conformado por un total de seis bloques de 8x8 pixeles cada uno. De estos, cuatro bloques corresponden a la luminancia (Y), un bloque a la señal diferencia de color al azul (Cb) y un bloque a la señal diferencia de color al rojo (Cr).

MADI: (Serial Multi Channel Audio Digital Interface). Interfaz Digital de Audio Multi Canal Serie. El MADI es un estándar para transmisión serie y ha sido diseñado para el transporte de 56 canales de audio digitales. En este formato, un cuadro de la estructura de datos transporta 56 canales. El flujo de cada canal tiene una resolución de 32 ó 24 bits y ha sido muestreado a una frecuencia de 32 ó 48 KHz. Este flujo de datos, es transportado por un cable coaxial que tiene una impedancia característica de 75 Ohms.

Mbps: Mega bits por segundo.

MHP: (Main Home Platform). Plataforma Principal del Hogar. Esta plataforma es utilizada en el estándar DVB-T para aplicaciones multimedia.

ML: (Main Level). Nivel principal del Estándar MPEG -2. Corresponde a una resolución de 720 x 576 y una velocidad binaria máxima de 15 Mbps.

Motion Compensation: Compensación de Movimiento. Proceso utilizado en la compresión MPEG-2, mediante el cual se efectúa el cálculo de cuales partes de una imagen, se desplazan de una imagen a la siguiente. Este proceso, generalmente se efectúa en bloques de 16x16 pixeles.

Motion Estimation: Estimación de Movimiento. Para efectuar la Estimación de Movimiento, una de las técnicas empleadas es el apareamiento de bloques. Esta técnica, compara cada bloque de pixeles de la imagen actual con los bloques predichos de la imagen previa, a fin de encontrar un apareamiento entre ambos.

Motion vector: Vector de movimiento. Un vector de dos dimensiones usado para la Compensación del Movimiento.

MP: (Main Profile). Perfil principal del estándar MPEG-2.

MP@ML: (Main Profile@Main Level). Perfil Principal@Nivel Principal del estándar MPEG-2. En 625/50, a este perfil con este nivel, le corresponden; 720 muestras por línea activa por 576 líneas activas, una estructura de muestro de 4:2:0 con cuadros I, B y P y una velocidad máxima del flujo de datos de 15 Mbps.

MPEG-1: Estándar de compresión para video, audio y datos desarrollado para una velocidad binaria máxima de 1,41 Mbps. Esta es la velocidad final del flujo de datos de video y audio combinados. Este estándar es utilizado para aplicaciones en CD Rom. El estándar MPEG-1 emplea un algoritmo de compresión de video que explota la redundancia espacial de una imagen y la redundancia temporal entre las distintas imágenes. Para darnos una idea de la calidad del MPEG-1, la velocidad binaria de 1,41 Mbps equivaldría a una calidad similar a una grabación en VHS.

MPEG-2: Estándar de compresión utilizado para video, audio y datos en aplicaciones Broadcast. Permite utilizar velocidades binarias hasta 15 Mbps para SDTV y 80 Mbps para HDTV. El estándar MPEG-2 se basa en las normas ISO/IEC, de las cuales las más importantes son: Norma ISO/IEC 13.818-1, que define las especificaciones para el Multiplexado y De-multiplexado de datos. Norma ISO/IEC 13.818-2, que define las especificaciones para la Compresión y De-compresión de video. Norma ISO/IEC 13.818-3, que define las especificaciones para la Compresión y De-compresión de audio.

MPEG-4: Este estándar de compresión es utilizado para video y audio, con tres intervalos distintos de velocidades binarias.

a) 64 Kbps o menos.
b) 64 a 384 Kbps.
c) 384 kbits a 4 Mbps.

Sin embargo, un proyecto posterior de este estándar, permite extender los niveles y perfiles hasta velocidades de más de 1 Gigabit/seg.
Este estándar, es muy resistente a errores y una de las aplicaciones está orientada a la codificación de objetos. Esto implica que distintas partes de una escena y/o de otras escenas, pueden ser codificadas por separado, para luego ser combinadas en el Múltiplex. El Decodificador demultiplexa esas señales y decodifica por separado esos objetos, mostrando por ejemplo solo partes de la escena, como ser primeros planos o el fondo de una imagen.
Este estándar es ampliamente utilizado en flujos de baja velocidad en Internet. MPEG-4 es escalable o sea que existe full compatibilidad con MPEG-2.

Multistandard: Multi estándar. Término utilizado para describir a los equipos que operan en distintas normas. Ejemplo; un Conversor de Normas con entradas y salidas multi estándares, significa que acepta señales de distintos estándares a la entrada y convierte a distintos estándares de salida.

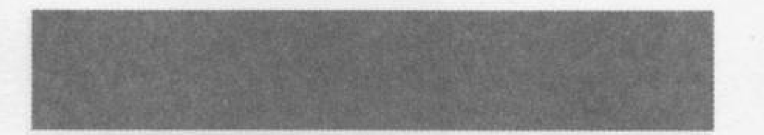
MPTS: (Multi Program Transport Stream). Flujo de Transporte de Múltiples Programas. Consiste en dos o más Flujos de Transporte de Programas Simples (SPTS).

Multipath reception: Término que se utiliza para designar a la recepción de una señal de radiofrecuencia por múltiples vias. Estas señales indeseables son producidas por obstáculos en el trayecto de la señal.

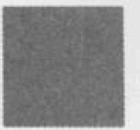
Multicasting: Es un sistema que permite transportar varios programas por un mismo canal. Cada uno de los programas va comprimido y son combinados en un Múltiplex de Transporte.

Musicam: Nombre con que se denomina a la compresión de audio adoptada por el estándar DVB-T. El Musicam utiliza los parámetros y características de la Capa II de audio del estándar MPEG-2.

MUX: Es la abreviatura de MUltipleX.



N



NIT: (Network Information Table). Tabla de Información de Redes. Información que se envía en un Flujo de Transporte. Esta contiene información de todos los trenes de datos que componen ese flujo.

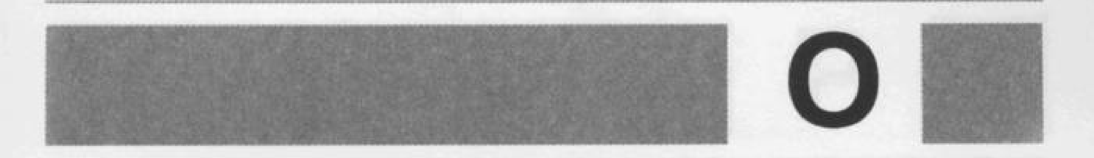
NRZ: (Non Return to Zero). Consiste en un tren de datos en el cual el estado lógico permanece en "1" mientras los datos de transmisión están en "1". Un "1" lógico corresponde a un estado alto, mientras que un "0" lógico corresponde a un estado bajo.

NRZI: (Non Return to Zero Invert). En la codificación NRZI (Non Return to Zero Inverse), el esquema de los datos codificados implica que cuando hay un "0" no hay cambio lógico, mientras que un "1" implica una transición desde un nivel lógico de "1" a otro nivel.

Ns: (Nano Second). Nano segundo. Un nano seg. (ns) corresponde a 1 x 10E-9 segundos.

Null packets: Se refiere a los paquetes que contienen bytes de datos de relleno. Estos bytes son utilizados para mantener una velocidad del flujo constante, con una carga de datos variable. Generalmente, los datos de relleno son todos bits en estado 1. Los paquetes que tienen datos de relleno tienen un PID en la cabecera del paquete.

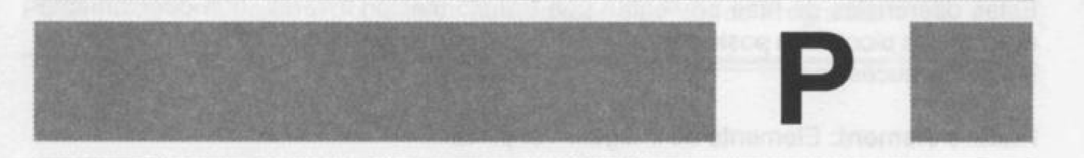
Nyquist slope: Pendiente de Nyquist. Pendiente de corte de la curva entre 0 y –1,5 MHz, adoptada en la transmisión de la señal analógica de televisión, en banda lateral vestigial.



OFDM Frame: Cuadro OFDM. En el estándar DVB-T la señal está organizada en cuadros. Cada cuadro tiene 68 símbolos OFDM. Cada símbolo representa un set de portadoras. Para el modo 2k un símbolo representa 1705 portadoras, mientras que para el modo 8k un símbolo representa 6817 portadoras. En el estándar ISDB-T un cuadro tiene 204 símbolos OFDM.

OFDM Segment: Segmento OFDM. En el estándar ISDB-T, es un segmento de datos junto a las portadoras piloto. El ancho de banda de este segmento es de 429 KHz, para un espectro del canal de 6 MHz.

Oversamplig: Sobre muestreo. Frecuencia de muestreo mucho mayor que la que especifica la relación de Nyquist. El sobre muestreo mejora la perfomance del pre filtrado.



P: (Predictive). Predictivo. En MPEG-2, la imagen (P) es la de predicción. Se predice la imagen siguiente, teniendo en cuenta la información de la imagen anterior.

Packet Identifier: Identificador de paquete. Bits que se utilizan para identificar los flujos elementales de cada programa, en un Flujo de Transporte.

Parallel Standard: Estándar Paralelo. Ver también 656.

Partial Reception: Recepción parcial. Recepción del segmento central transmitido en el estándar ISDB T.

PAT: Ver Program Association Table.

Patch Panel: Dispositivo para conmutar y rutear en forma manual señales de video, audio o datos. Utilizan distintos tipos de conectores de acuerdo a la aplicación.

Pb: Señal diferencia de color al azul en componentes analógicos. Su relación con la señal (B-Y) es; Pb = 0,56433 (B-Y).

PCM: (Pulse Code Modulation). Modulación Codificada por Pulsos. En este tipo de modulación la señal analógica es convertida a un número binario serie, para poder ser transmitida.

PES: (Packet Elementary Stream). Flujo Elemental Paquetizado. Es un flujo elemental de datos (ES), que ha sido paquetizado. El PES puede ser de video, audio o datos.

P Frame: Cuadro P. Un cuadro ó imagen (P) en MPEG-2, se genera tomando información del cuadro (I) y de los cuadros (P) anteriores. Este tipo de cuadros tiene más alta compresión que el cuadro (I). Ver P.

PhC: (Phase Correlation). Correlación de Fase. Método empleado para la estimación de Movimiento que emplea la transformada de Fourier. La Correlación de Fase, se basa en la aplicación de una transformada en los bloques de pixeles de las imágenes sucesivas. Luego se restan todas las fases de los componentes espectrales.

Estas diferencias de fase presentan una transformación inversa, que directamente muestra los picos. Las posiciones de estos, corresponden a los movimientos entre las imágenes sucesivas.

Picture element: Elemento de imagen. Ver pixel.

PID: Ver Packet Identifier.

Pixel: Es un elemento de imagen. Representa el área más pequeña de una imagen. Un pixel es un elemento de área cero.

Pillar box: Se denomina de esta forma a las barras negras verticales a la izquierda y derecha de una imagen. Estas son producidas como consecuencia de haber convertido su relación de aspecto de 4:3 a 16:9.

PMT: Ver Program Map Table.

Pr: Señal diferencia de color al rojo en componentes analógicos. Su relación con la señal (R-Y) es; Pr = 0,71327 (R-Y).

PRSB: (Pseudo Random Binary Sequence). Secuencia Pseudo Random Binaria. Es un tipo de secuencia que está basada en un polinomio, para efectuar la randomización de los datos.

Proc-amp: (Processing amplifier). Amplificador-Procesador. Dispositivo que amplifica y procesa una señal de video. En el procesamiento de esta señal, se pueden ajustar los niveles de luminancia, croma, pedestal, fase del burst, timing, etc.

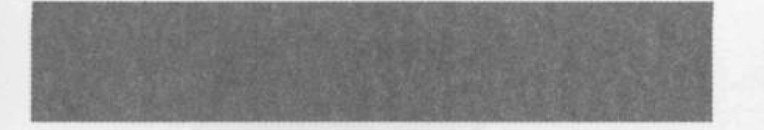
Profile: Perfil. En MPEG-2 los perfiles definen la resolución y la escalabilidad del flujo de datos.

PAT: (Program Association Table). Tabla de Asociación de Programas. Paquete de información que va en el Flujo de Transporte. El PAT nos suministra la información de todos los programas que transporta ese flujo de datos.

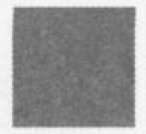
PMT: (Program Map Table). Tabla del Mapa de Programas. Paquete de información que va en el Flujo de Transporte. El PMT lleva la información de los distintos flujos que conforman cada programa, ejemplo; video, audio y datos.

PSI: (Program Specific Information). Información Específica de Programa. Son datos necesarios para demultiplexar los Flujos de Transporte. El PSI está formado por cuatro tablas; PAT, PMT, NIT y CAT.

PSM: (Program Stream Multiplexer). Multiplexado del Flujo de Programa.



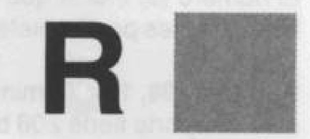
Q



QAM: (Quadrature Amplitude Modulation). Modulación de Amplitud en Cuadratura. Esta modulación es digital y la información está contenida en la amplitud y la fase de la portadora transmitida.

QCIF: (Quarter Common Interchange Format). Formato de Intercambio Común a un Cuarto de Resolución. Se refiere al formato de baja resolución de 176 x 144 pixels.

QPSK: (Quaternary Phase Shift Key). Transmisión por Deslazamiento de Fase Cuaternaria. La modulación QPSK es por desplazamiento de fase. Tiene como característica principal que una sola frecuencia de la portadora, produce cuatro fases distintas de salida. En todos los casos, mientras la fase varía, la amplitud se mantiene constante.



Reclocking: Dispositivo utilizado para aumentar la distancia de interconección entre equipos digitales. El Reclocking ecualiza la atenuación producida por el tramo de cable coaxial y además corrige el ruido y el jitter de la señal SDI.

Partial reception: Recepción parcial. En el estándar ISDB-T, se destina un segmento en el centro de la banda para transmitir audio y datos. Estos pueden ser recibidos por medio de un receptor de banda angosta.

Redundancy: Redundancia. Es toda la información que se repite de una imagen.

RGB to CCVS Analogue Encoder: Encoder Analógico de RGB a video CCVS. Dispositivo que convierte una señal RGB a su entrada en una señal de video compuesta a la salida.

Rise time: Tiempo de subida. Corresponde al tiempo de subida de la señal SDI entre el 20 y el 80%.

RP-125: Ver SMPTE 125M. Estándar del SMPTE que define la señal de video digital por componentes paralelos.

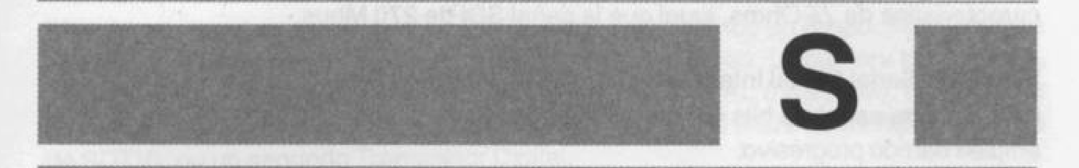
RS: (Reed – Solomon). Es un poderoso sistema de protección y corrección de errores. En el estándar ATSC, a cada paquete MPEG-2 de 188 bytes de carga total, se le adicionan 20 bytes RS al final del mismo. En este estándar, cada paquete MPEG-2 con la corrección RS tiene 208 bytes de capacidad.
En el estándar DVB-T, a cada paquete MPEG-2 de 188 bytes de carga total, se le suman al final del mismo 16 bytes RS. De esta manera, cada paquete incluidos los bytes de paridad tiene una carga total de 204 bytes.

RS 170: Este estándar, define las recomendaciones prácticas para las señales de televisión color NTSC, en USA. Este documento fue redactado por la EIA (Electronics Industries Association).

RS (204, 188, 8): Terminología utilizada en el estándar DVB-T. El (204) significa que cada paquete del Flujo de Transporte tiene 188 bytes del paquete MPEG-2, al cual se le agregan 16 bytes de paridad RS, lo que hace un total de 204 bytes.

El número (8) indica que con los 16 bytes de paridad, se pueden detectar y corregir hasta 8 bytes por paquete.

RS (208, 188, 10): Terminología utilizada en el estándar ATSC. Cada paquete del Flujo de Transporte tiene 208 bytes de capacidad. Al paquete MPEG-2 de 188 bytes, se le agregan 20 bytes de paridad RS. Esto hace un total de 208 bytes por paquete. En este caso, con los 20 bytes de paridad se pueden detectar y corregir hasta 10 bytes por paquete.



Sampling: Muestreo. Es el proceso por el cual se toman muestras de una señal, a intervalos de tiempos iguales. El muestreo sigue el criterio del teorema de Nyquist. De acuerdo a este, la frecuencia de muestreo (fm) debe ser igual o mayor al doble de la frecuencia de la señal a muestrear (2fb) o sea; fm >ó = 2fb.
Este teorema es válido para el muestreo de las señales de video y audio.

SAV: (Start Active Video). Arranque del Video Activo. Código utilizado en Televisión Digital para indicar el comienzo de la línea activa digital. Este código está formado por 4 palabras de 8 ó 10 bits cada una. Luego de un SAV, tenemos la primer muestra de la línea activa.

Scan Converter: Conversor de Barrido. Dispositivo que convierte una señal VGA ó super VGA a una señal de video compuesta, componentes, Y/C o una señal digital SDI. También, un Scan Converter realiza el proceso inverso o sea que convierte una señal VGA o Super VGA a cualquiera de las señales mencionadas anteriormente..

Scrambling: Encriptación. Alteración de las características de un flujo codificado de video, audio y datos, para evitar que personas no autorizadas puedan recibirlo. Un sistema de Acceso Condicional, controla este proceso y la alteración de los flujos de datos.

SDB: (Setop-Box). Se refiere al Decodificador utilizado en la casa del abonado. La función de éste es recibir las señales de video y audio digitales, demodularlas, decomprimirlas y desencriptarlas.

SDI: (Serial Digital Interface). Interface Digital Serie. Se designa con esta sigla a la interface de bits serie. La velocidad de este tren de datos es de 270 Mbps, con una estructura de muestreo 4:2:2 y una resolución de cuantificación de 10 bits por muestra. Este flujo de datos se transmite por un solo cable coaxial, con una impedancia característica de 75 Ohms.

SDI-270: (Serial Digital Interface – 270 Mbps). Interface Digital Serie a 270 Mbps. Es otra forma de identificar a la señal SDI del caso anterior.

SDI-360: (Serial Digital Interface – 360 Mbps). Interface Digital Serie a 360 Mbps. La velocidad de este flujo de datos es de 360 Mbps, con una estructura de muestreo 4:2:2/ 10 bits. Este flujo se transmite por un solo cable coaxial y tiene una impedancia

característica de 75 Ohms, igual que la señal SDI de 270 Mbps.

SDI-540: (Serial Digital Interface – 540 Mbps). Interface Digital Serie a 540 Mbps. Se refiere a una señal de bits serie 4:2:2/10 bits (como la señal SDI de 270 Mbps), pero emplea barrido progresivo.

SDT: (Service Description Table). Tabla de Descripción de Servicios. Es una tabla que se envía en el Flujo de Transporte y contiene un listado de todos los servicios que se brindan.

SDTV: (Standard Digital Television). Televisión Digital Estándar. Con esta sigla se refiere a la televisión cuya señal es SDI en 270 Mbps ó 360 Mbps.
La relación de aspecto de ambas señales de SDTV puede ser de 4:3 ó 16:9.

En el estándar DVB-T, tenemos dos formatos para SDTV con barrido entrelazado (50i);
- 576 x720 en formato 16:9.
- 576x720 en formato 4:3.

En el estándar ATSC, los dos formatos principales para SDTV en 59,94 Hz son:
- 480x720 en formato 16:9
- 480x720 en formato 4:3

Estos formatos corresponden a (480i) ó 480 líneas activas con barrido entrelazado.Se muestrean 720 pixeles de luminancia por línea activa. Cuando se trata de señales a comprimir, solo se muestrean 704 pixeles de luminancia por línea activa.

Sequence: Secuencia. Está formada por varios GOP's (Grupo de imágenes). Cada secuencia tiene una cabecera de información que lleva los datos relativos a ese proceso.

Serializer: Serializador. Dispositivo que convierte la información de bits paralelo a bits serie.

Set-top box: Ver SDB.

SFN: (Single Frecuency Network). Redes de Frecuencia Unica. Sistemas de redes de repetidoras de televisión que pueden recibir y transmitir en la misma frecuencia. Es una característica del estándar DVB-T. Para ello, todas las repetidoras deben estar sincronizadas.

SI: (Service Information). Información de Servicio. Se refiere a los datos que le indican al Decodificador, sobre que tipo de servicios están presentes en la transmisión. Este tipo de datos, son utilizados en el Flujo de Transporte MPEG-2, del estándar DVB-T.

Simulcast: Nombre con que se denomina al sistema, cuando un Broadcaster efectúa dos transmisiones del mismo programa en forma simultánea. La primera transmisión, es a través del Transmisor Analógico existente (NTSC, PAL o SECAM). La segunda transmisión del mismo programa, se emite en forma digital (HDTV ó multiples canales de SDTV), en un segundo Transmisor Digital.

Sync Byte: Byte de Sincronización. En el paquete MPEG-2, el primer byte de la cabecera corresponde al byte de sincronización.

Slice: Rodaja. En el sistema de compresión MPEG-2, se denomina slice a uno o más macrobloques ordenados en forma horizontal y contígua. El orden de estos macrobloques es de izquierda a derecha.

SMPTE: (Society Motion Picture Television Engineering). Sociedad de Ingenieros de Televisión para Imágenes en Movimiento. Esta entidad desarrolla estándares de Televisión, Audio y Fílmicos en EE.UU.

SMPTE 125M: Estándar de televisión desarrollado en 1995. Trata del estudio de las señales de video digitales por Componentes Paralelo. Este documento es equivalente a la Recomendación CCIR 656. Ver también 656.

SMPTE 240M: Este estándar trata sobre los parámetros de señales de 1125 líneas en formato analógico, para sistemas de producción. Incluye la relación de aspecto 16:9, frecuencias de campo 59,94 y 60 Hz, tiempos de la señal, ancho de banda, referencia de clock de 74,25 MHz y otros parámetros. Año 1995.

SMPTE 244M: Estándar que trata sobre la representación digital de la señal de video NTSC codificada.

SMPTE 259M: Estándar que trata sobre Señales Digitales Serie (SDI) a 10 bit/4:2:2 y señales compuestas NTSC a 4 fsp y por Componentes, para 525 líneas. Año 1993.

SMPTE 260M: Estándar que trata la representación digital y la interfaz de bits paralelo, para sistemas de HDTV en 1125/60.

SMPTE 267M: Estándar que trata sobre la interfaz digital de bits paralelo, la señal de video por Componentes 4:2:2 y la relación de aspecto 16:9.

SMPTE 272M: Estándar que trata las especificaciones sobre audio digital embebido, datos auxiliares y datos asociados. Estos datos van insertados en los espacios de datos auxiliares de la señal SDI.

SMPTE 274M: Estándar de televisión que trata las interfaces y barridos para 1920x1080. Incluye barridos entrelazado y progresivo. Año 1995.

SMPTE 292M: Estándar que trata la Interfaz Digital de Bits Serie para HDTV. Define la interfaz de fibra óptica y del cable coaxial, para operar con señales por componentes digitales con un bit rate hasta 1,5 Gbps.

SMPTE 296M: Estándar que trata el formato 1280x720. Este es más conocido como 720p. Especifica la relación de aspecto 16:9, la codificación de las señales de color RGB e YPbPr y la representación analógica y digital de las señales RGB e YCbCr.

SMPTE 305M: Estándar que trata la Interfaz del Transporte de Datos Serie (SDTI). Esta capa de transporte universal, describe la paquetización y la estructura básica de señalización para datos que deben ser transportados.

SMPTE 310M: Estándar que trata la Interfaz Serie Sincrónica para MPEG-2. Define la interfaz física y las características de modulación para esa interfaz.

SMPTE 344M: Estándar que trata sobre la señal SDI a 540 Mbps. La imagen en este formato emplea barrido progresivo.

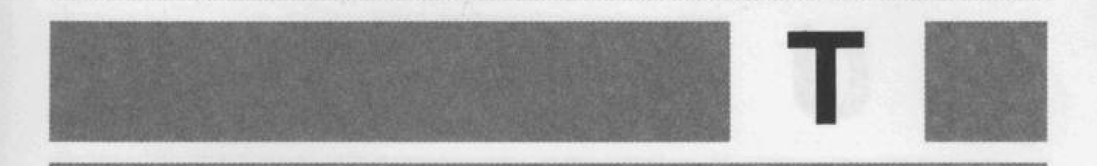
SMPTE 392M: Estándar que trata sobre la señal de HDTV digital a 1,48 GHz.

SPTS: (Single Program Transport Strean). Flujo de Transporte de un Programa Simple. Consiste en el transporte de un programa que contiene un video y varios audios.

Statistical coding: Codificación estadística. Un método de compresión o codificación, que aprovecha el caracter estadístico de la señal de video y de la propia imagen que esta representa, para reducir la velocidad binaria necesaria para la transmisión.

Sub-band coding: Codificación sub banda. Codificación de audio en la cual el flujo de datos que representa una señal, es dividida por un banco de filtros en 32 sub-bandas. A cada una de estas se la cuantifica en forma independiente.

Symbol: Símbolo. En DVB-T, un símbolo representa un set de portadoras. En el modo 2k un símbolo está compuesto por 1705 portadoras y en el modo 8k un símbolo está compuesto por 6817 portadoras.



TDM: (Time Division Multiplexing). Multiplexado por División de Tiempo.

Teletext: Teletexto. Información alfanumérica y gráfica que es transmitida en determinadas líneas de TV. El teletexto es transmitido en el intervalo vertical.

Test signal: Señal de test. Señal generada en forma electrónica y digital, utilizada para prueba y medición de equipos y sistemas. La señal más común es la de barras de color.

Tg: (Time guard). Tiempo de guarda. Se refiere al tiempo que dura el intervalo de guarda, en la modulación COFDM del estándar DVB-T.

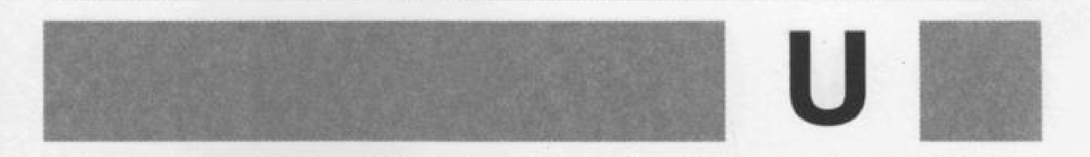
TMCC: (Transmission and Multiplexing Configuration Control-Pilot). Transmisión y Configuración del Multiplexado de los Pilotos de Control. En el estándar ISDB-T, se refiere a la transmisión y configuración del multiplexado de los pilotos de control, contenidos en todos los segmentos COFDM.

TOV: (Threshold Of Visibility). Umbral de Visibilidad.

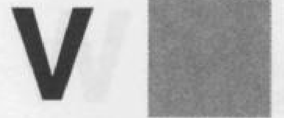
Ts: (Time symbol). Tiempo del símbolo. Se refiere al tiempo que dura el símbolo en la modulación COFDM del estándar DVB-T.

TS: (Transport Stream). Flujo de Transporte. Este flujo consta de paquetes de longitud fija de 188 bytes cada uno. Los primeros 4 bytes corresponden a la cabecera de información y los 184 bytes restantes a la carga útil de datos. Estos paquetes se denominan MPEG-2.

TSP: (Transport Stream Packet). Paquete del Flujo de Transporte. Es el paquete de transporte MPEG-2 que tiene una capacidad de 188 bytes. Ver también TS.



Up Converter: Conversor Ascendente. Dispositivo que convierte una señal SDI de 270 Mbps a una señal de HDTV en 1080i ó 720p.
Para lograr mayor precisión en la conversión, se utilizan dos tipos de interpolacion. El aumento del número de líneas activas desde 485 ó 575 (525/60 ó 625/50) a 1080, se realiza mediante una interpolación vertical. El aumento del número de muestras de pixeles por línea activa de 720 a 1920, se realiza mediante una interpolación horizontal.



VBR: (Variable Bit Rate). Relación de Bits Variable.

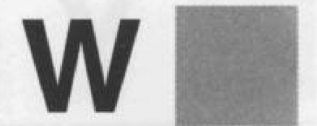
Vector: Es el parámetro más importante de la Compensación de Movimiento. El vector de movimiento le indica al Decodificador, como se ha desplazado parte de la imagen previa desde la imagen actual. Este vector es generado cada cuatro bloques de luminancia de 8x8 muestras de pixeles cada uno. De esta manera, tenemos una matriz de 16 x 16 muestras por cada vector.

Vertical crop: Corte vertical. Se denomina de esta forma a la pérdida de imagen que se produce en los bordes izquierdo y derecho de una imagen, al ser convertida en su relación de aspecto de 16:9 a 4:3. También es denominado edge cropped.

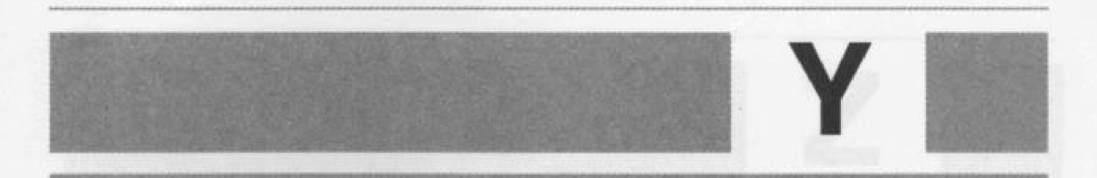
VLC: (Variable Length Coding). Código de Longitud Variable. Es una técnica de compresión que tiene la particularidad de asignar códigos cortos a los valores que tienen mayor frecuencia o periodicidad y asigna códigos largos, a los valores que tienen menor frecuencia o periodicidad.

VOD: (Video On Demand). Video Sobre Demanda. Es un sistema en que generalmente las películas o eventos especiales, se transmiten a un abonado específico. Esto ocurre, cuando el abonado al sistema solicita este servicio.

VTR: (Video Tape Record). Grabador de Video en Cinta.



Wide Screen: Pantalla Ancha. Se refiere a la relación de aspecto 16:9 de la imagen utilizada en Televisión. Esta relación se emplea en Televisión Digital Estándar (SDTV) y también en Televisión de Alta Definición (HDTV).



Y/C: Este formato está compuesto por dos señales, luminancia (Y) y Croma (C). Es utilizado en aplicaciones semi profesionales como ser Super VHS.

Z

Zig-Zag: Se refiere al tipo de barrido o lectura que se efectúa en un Compresor de video, después de la Cuantificación. Este tipo de lectura de cada matriz de 8x8 coeficientes, es empleada para imágenes con barrido progresivo. El objeto del barrido en Zig-Zag es obtener una serie de datos serie, de tal forma de preparar a estos para los próximos procesos RLC (Run Length Coding) y VLC (Variable Length Coding). A su vez, se trata de que todos los coeficientes de la matriz leídos en Zig-Zag que sean ceros, no se envíen. En su lugar, se envía una secuencia EOB (End Of Block), que indica el final de bloque. De esta manera, se produce aquí una primera reducción de bits, sin que haya pérdidas sobre la imagen.

Referencias

Video Standards. Signals, Formats and Interfaces. Victor Steinberg.
Handbook Snell & Wilcox Series. Año 1997.

Your Essential Guide to Digital. John Watkinson.
Handbook Snell & Wilcox Series.

The Engineer's Guide to Compression. John Watkinson.
Handbook Snell & Wilcox Series.

DTV. Options for Transition.
A Broadcaster's Guide to DTV. Snell & Wilcox.

Guide to Digital Compression.
Tandberg Television since DMV. Septiembre 1996.

Parámetros de Codificación de Televisión Digital para estudios, con formatos de imagen normal 4:3 y de pantalla ancha 16:9.
Recomendación UIT-R BT.601-5.

Interfaces para las señales de video con componentes digitales en sistemas de televisión de 525 y 625 líneas, que funcionan en el nivel 4:2:2 de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A).
Recomendación UIT-R BT.656-3.

Valores de los parámetros de la norma de TVAD para la producción y el intercambio internacional de programas.
Recomendación UIT-R BT.709-2.

Interfaces digitales para las señales de estudio de TVAD de los sistemas 1125/60/2:1 y 1250/50/2:1.
Recomendación UIT-R BT.1120.

ATSC Transmission System: VSB tutorial.
Gary Sgrignoli. Zenith Electronics Corporation.

Digital Television Transmission Parameters. Analysis and discussion.
Carl Eilers. Gary Sgrignoli. Zenith Electronics Corporation.

What exactly is 8-VSB anyway ?.
David Sparano. Harris Corporation.

Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.
Digital Video Broadcasting (DVB). ETSI EN 300 744 - V 1.4.1 – Enero 2001.

Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, video and audio in contribution and Primary Distribution Applications. DVB Document A05. DVB. Marzo 2001.

Implementation guideline for DVB-T. Transmission aspects.
DVB Document A037.Marzo 1998.

Guide to the use of the ATSC Digital Television Estándar.
Doc. A/54. ATSC. 4 Octubre 1995.

Digital Audio compression (AC-3) Estándar.
Doc A/52. ATSC. 20 de agosto 2001.

Serial Digital (SDI) Transmission Distance.
Belden Technical Papers. Belden.

A Guide to Digital Television Systems and Measurements.
Tektronix. Año 1994.

A Guide to Mpeg Fundamentals and Protocol Analisis.
Tektronix. Año 2000.

Specification Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T).
Specification of Channel Coding Framing Structure and Modulation.
DIBEG. 28 de Septiembre 1998.

LISTADO DE FIGURAS

Capítulo 1. Televisión Analógica.

Capítulo 2. Digitalización de la Señal de Video.

Capítulo 4. El porque de la Compresión.

Capítulo 5. Fundamentos de la Compresión de Video MPEG-2.

Capítulo 6. Procesos en la Compresión de Video MPEG-2.

Capítulo 11. Estándar ATSC.

Capítulo 12. Estándar DVB-T.

Apéndice D. Estimación de Movimiento.

Apéndice E. El Sistema de Modulación COFDM.

Apéndice G. Modulación QPSK, 16-QAM y 64-QAM.

Apéndice R. Procesamiento de la Señal de Video Digital en Estudio y en Transmisión.

LISTADO DE TABLAS

FE DE ERRATAS

Durante la composición, se han deslizado los siguientes errores:

Página 41. Ultimo renglón, donde dice: **no** da como resultado la velocidad total de ese flujo de datos. Debe decir: **nos** da como resultado la velocidad total de ese flujo de datos.

Página 44. Figura 2.14. La última muestra (720) de cada línea, está como muestra de luminancia Y. Debe figurar como muestra Y+Cb+Cr.

Página 103. Figura 3.26. En la entrada y salida del Reclocking/Ecualizador, la señal SDI de 360 Mbit/s aparece como SDI/D1. Debe decir SDI/D5H.

Página 197. Figura 6.23. El coeficiente (138) abarca los bits 1101. Debe abarcar los bits 1101 110. Los coeficientes (0,8) abarcan los bits 1 00 10. Deben abarcar los bits 00 10. Por último, el EOB está remarcado en blanco. Debe figurar dentro del círculo los bits 1100.

Página 250. Título. Dice: Formación del Flujo de Transporte a partir de los Flujos Programa. Debe decir: Formación del Flujo de Transporte a partir de los Flujos **de** Programa.

Página 258. Título. Dice: Resumen de la formación del Flujo Transporte. Debe decir: Resumen de la formación del Flujo **de** Transporte.

Página 429. Item 17.4.3. Dice: Este formato en el estándar 525/60, está basado en 485 líneas activas...Debe decir: Este formato en el estándar 525/60, está basado en **483** líneas activas...

WWW.paginadigital.com es una página WEB en español donde puede obtener toda la información sobre Televisión Digital Avanzada, los últimos avances y consultas permanentes y todo lo relacionado con este libro.

WWW.paginadigital.com

Para solicitar información, sobre como puede obtener un curso a distancia de Televisión Digital Avanzada mediante una certificación:

televisiondigitalavanzada@paginadigital.com

Para solicitar información de como adquirir este libro:

infonet@paginadigital.com

Para comunicarse con el autor:

simonetta@paginadigital.com

Se terminó de imprimir en el mes de noviembre de 2002
Artes Gráficas Delsur S.H.
Alte. Solier 2450 - Avellaneda (B1872FRP)
Tel./Fax: 4204-2986
E-mail: agdelsur@hotmail.com



PRIMERA CONFERENCIA INTERNACIONAL DE TELEVISION DIGITAL EN ARGENTINA.

En Noviembre de 1997, se realizó en el Alvear Palace Hotel de Buenos Aires, la primera Conferencia Internacional de Televisión Digital.
Este Simposio fue organizado en su faz técnica por Ing° José Simonetta & Asoc. y en la faz comercial por Spectrum Comunicación & Marketing y el Sr Héctor Duarte.
En un esfuerzo extraordinario, se logró reunir a los más altos exponentes de la Televisión Digital de Europa y EE.UU.
Es así que en dos días de conferencias intensivas, participaron en este evento, los máximos integrantes del grupo DVB de Europa, el grupo ATSC de EE.UU. y directivos del FCC, también de EE.UU.
Participaron además, los más importantes profesionales de diversas empresas de Televisión de Europa y EE.UU.
Asistieron a estas Conferencias Directivos, Ingenieros y Técnicos de Argentina y el exterior.
La primera de esta serie de conferencias, sobre la transición de la Televisión Digital en EE.UU. y Europa, fue dictada por el Ing° José Simonetta.
Con este evento, se marcó el inicio de los debates y conferencias sobre la Televisión Digital en Argentina.
Este fue el comienzo de lo que será en un futuro cercano, la revolución electrónica en imágenes y sonido.

Televisión Digital Avanzada

La TELEVISION DIGITAL, se perfila como la revolución electrónica en imágenes y sonido de este milenio. En esta obra se exponen los fundamentos básicos para interpretar esta nueva tecnología. Todos los temas son analizados en un lenguaje claro y sencillo. Los Capítulos están ordenados de tal forma que el lector pueda ir avanzando en forma gradual y ordenada, para ir comprendiendo paso a paso, los procesos más importantes de esta materia. Algunos de los capítulos más importantes tratados en este libro, se detallan a continuación.

- Digitalización de la señal de video. La señal SDI en Estudio.
- Compresión de Video MPEG-2.
- Televisión de Alta Definición (HDTV).
- Múltiplex y Sistema de Transporte MPEG-2.
- El Estándar MPEG-2.
- El Estándar ATSC de USA.
- El Estándar DVB-T de Europa.
- El Estándar ISDB-T de Japón.
- Sistemas de Televisión Digital.
- Compresión de Audio MPEG-2 y Dolby AC-3.

Esta obra está compuesta por diecisiete Capítulos. Se incluyen además siete Apéndices, con una explicación más detallada de los temas tratados, así como también un Resumen con los diagramas de bloque de todos los procesos de la señal digital, analizados en esta obra. Al final, se presenta un Diccionario de términos en inglés que incluye las definiciones de todos los temas tratados.
Este libro es un Handbook para estudio y consulta permanente, ya sea para Estudiantes, Técnicos e Ingenieros que quieran interpretar los conceptos fundamentales de la Televisión Digital Avanzada, como así también para todos aquellos que tengan los conocimientos básicos y quieran profundizarlos.



ISBN 950-99561-2-0
9 789509 956124